



# Resistencia Antimicrobiana

“Descifrando la resistencia microbiana para un futuro saludable”

*Módulo didáctico con contenido y actividades para ser implementado en enseñanza media en las asignaturas científicas.*

## Créditos

Módulo con enfoque indagatorio Resistencia Antimicrobiana “Descifrando la resistencia microbiana para un futuro saludable”.

La presente serie de Módulos Didácticos para la Enseñanza de las Ciencias con Enfoque Indagatorio han sido elaborados en el marco de la colaboración entre el MINEDUC y diferentes universidades chilenas. La coordinación para el desarrollo y elaboración del módulo Resistencia Antimicrobiana “Descifrando la resistencia microbiana para un futuro saludable” estuvo a cargo del equipo de docentes del Programa ICEC de la Universidad de Antofagasta.

Los Módulos son de acceso abierto y puede obtenerlo en el sitio web del Programa ICEC <https://icec.mineduc.cl/>. Está prohibida su reproducción con fines comerciales.

---

### *Autores:*

Marcela Chávez Escobar

Sheyla Choque Ballon

Tatiana Morales Silva

Bernardita Valenzuela Valenzuela

### *Edición General*

Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias ICEC

División de Educación General MINEDUC-CHILE

Universidad de Antofagasta.

### *Colaborador:*

Observatorio de Educación para la Innovación

Universidad de Antofagasta

### *Diseño, Ilustración y diagramación:*

Karina Tello Cabrera

### *Registro de Propiedad Intelectual*

N° 2024-A-3368

Antofagasta, Chile, 2023

---

### *Importante:*

*Como Ministerio de Educación priorizamos la utilización de un lenguaje no sexista e inclusivo, porque reconocemos las implicancias culturales y sociales de la lengua y su uso. Entendemos que el género gramatical y el género como constructo cultural son conceptos no asimilables, no obstante, el mandato gramatical masculino es insuficiente como mecanismo de reconocimiento y visibilización. En nuestros documentos optamos por referirnos a ambos géneros, masculino y femenino, cuando corresponda, así como utilizar expresiones claras que sean fundamentalmente inclusivas y no sexistas.*

*En el presente documento se utiliza el término “docente” para referirse a educadoras diferenciales, educadores de párvulos, así como a profesores y profesoras de educación básica y educación media.*

## Índice

• <b>Presentación</b>	4
• <b>Introducción</b>	6
• <b>Marco Referencial</b>	10
Indagación Científica y problemas sociocientíficos	11
Saberes docentes para el módulo didáctico	12
Evaluación para el aprendizaje	28
• <b>Estrategias Didácticas</b>	32
• <b>Orientaciones a los docentes</b>	34
Marco curricular	35
Grandes ideas de las ciencias y sobre las ciencias	40
Orientaciones para el uso del módulo	42
• <b>Experiencias de aprendizaje</b>	46
Experiencia de aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos	49
Experiencia de aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades.	50
Experiencia 3: medios de dispersión de microorganismos	51
Experiencia 4: El ADN y resistencia bacteriana	51
Experiencia 5: Ciencia y tecnología en beneficio de las personas	52
• <b>Anexo para el estudiante</b>	54
• <b>Bibliografía</b>	93

# Presentación

La importancia de enseñar ciencias en la escuela desde edades tempranas es un consenso mundial. La sociedad actual demanda de la educación en ciencias un conjunto de competencias científicas esenciales para que las y los ciudadanos tomen decisiones responsables en un mundo altamente dependiente de la tecnología, en emergencia climática y en contexto post pandemia. Estas competencias son requeridas por todas las personas, independiente de su cercanía o interés en carreras científicas, pues constituyen un saber multidimensional que trascenderá más allá de la escuela y los acompañará a lo largo de la vida.

En coherencia con estos desafíos para la educación en ciencias, el currículo nacional chileno orienta la enseñanza de las ciencias naturales hacia el logro de la alfabetización científica, un elemento fundamental de la formación de ciudadanos que implica que niños, niñas y adolescentes puedan utilizar progresivamente los conocimientos y habilidades científicas aprendidas en la escuela para comprender y resolver problemáticas de su entorno cotidiano<sup>1</sup>.

Alcanzar la alfabetización científica en la escuela plantea nuevos desafíos para las clases de ciencias. Se espera que los estudiantes puedan adquirir un conjunto de prácticas para generar, evaluar y debatir sobre el conocimiento científico<sup>2</sup> participando de actividades que ofrezcan un camino para alcanzar la apropiación de contenidos científicos, sin disociarlos de los saberes procedimentales y el desarrollo de actitudes propias de la actividad científica<sup>3</sup>.

Un camino posible son los problemas sociocientíficos en contexto indagatorio. Estos promueven un aprendizaje multidimensional utilizando problemáticas de base científica que son cercanas a los estudiantes y facilitan su comprensión sobre aspectos de la naturaleza de la ciencia, la elaboración de modelos explicativos y la

---

<sup>1</sup> Bases Curriculares de Ciencias Naturales, Educación Básica, Ministerio de Educación de Chile.

<sup>2</sup> Informe de Resultados PISA 2015. Competencia científica, lectora y matemática en estudiantes de quince años en Chile. División de Estudios, Agencia de la Calidad de la Educación.

<sup>3</sup> Hernández-Lémann, E. Caffi, D.; Mancilla, E.; Aranis, P. (2021) El Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias ICEC. Un modelo de desarrollo profesional para educadoras y docentes que enseñan ciencia. Coordinación Nacional Programa ICEC, Ministerio de Educación de Chile.

argumentación basada en evidencia considerando aspectos morales y afectivos.

Las clases de ciencias, así concebidas, permiten involucrar a los estudiantes en la observación de fenómenos sociocientíficos propios de su territorio, para formular preguntas sobre ellos y diseñar colaborativamente procedimientos de investigación que les permitan recoger evidencias para contestar preguntas y formalizar conclusiones, a modo de respuesta, a sus preguntas iniciales.

Si bien los problemas sociocientíficos, por su naturaleza, adolecen de una respuesta única, su estudio sistemático permite comprender los fenómenos científicos con los cuales se relacionan, facilitando al estudiantado la adquisición progresiva de las grandes ideas de la ciencia sobre las cuales se organiza el currículo nacional. Al mismo tiempo, facilitan la discusión sobre las consideraciones éticas, morales, sociales y económicas que se relacionan con la actividad científica y son necesarias de considerar para contribuir a la formación de ciudadanos conscientes de los riesgos que implican los avances científicos y, en consecuencia, estén mejor preparados para la toma de decisiones coherentes con un modelo de desarrollo sostenible.

Los módulos didácticos del Programa ICEC esperan abordar los desafíos anteriormente planteados a través del estudio de diversas temáticas de interés actual. Así, temas como el cambio climático, el uso del agua o la protección del suelo, son abordados a través de problemas sociocientíficos aplicables al contexto local, y serán estudiados considerando saberes, necesidades, experiencias y potencialidades de cada institución escolar que está inserta en un determinado espacio territorial.

Adicionalmente, las experiencias de aprendizaje que proponen los módulos didácticos abordan el desarrollo de aspectos actitudinales a los cuales puede aportar una educación moderna en ciencias. En esto, la promoción del vínculo escuela territorio, el trabajo colaborativo entre pares, la argumentación basada en evidencia, el estímulo a la curiosidad y la formulación de preguntas serán parte esencial de las clases de ciencia. Esto implica un diseño de actividades inclusivas, con enfoque de

género, orientadas a promover la responsabilidad individual y colectiva y que valora y promueve las diferencias en un clima de tolerancia, respeto y empatía.

Esperamos que los módulos didácticos del Programa ICEC constituyan una herramienta de apoyo a la enseñanza de las ciencias en el aula para responder a los desafíos de la educación científica del siglo XXI, permitiendo a los estudiantes, a través de las diversas experiencias de aprendizaje, reconocer desafíos y problemáticas que les afectan y son parte de su propia realidad. Frente a ellas, podrán aplicar el razonamiento científico, los conceptos y procedimientos propios de la ciencia para comprenderlas y, eventualmente, proponer soluciones creativas y viables a problemas que pueden afectar a las personas, la sociedad y el ambiente, tanto a nivel local como global.





## *1.- Introducción*

---

*“Hace ya décadas, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia, se expresaba la idea que todos vivimos en el mismo planeta y formamos parte de la biosfera. Reconocíamos entonces la creciente interdependencia que nos une y comprendíamos que nuestro futuro está intrínsecamente ligado a la preservación de los sistemas de sustentación de la vida en el planeta y la supervivencia de todas formas de vida<sup>4</sup>.”*

Hoy en día, esta percepción se ha vuelto aún más urgente. Es evidente la necesidad de que la ciencia escolar desempeñe un papel fundamental en el logro de una comprensión profunda de estos principios, dentro de un marco que promueva el desarrollo de habilidades y competencias ciudadanas. Estas asegurarán, tanto capacidades en el presente como en el futuro, y la participación activa de las personas en la construcción de sociedad más justas, sostenibles y democráticas.

### *Una urgencia global*

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha levantado alerta acerca de un fenómeno que tiene el potencial de comprometer la salud de la humanidad, y dificultades para enfrentarla con las herramientas que hasta el momento la ciencia y tecnología han desarrollado: resistencia a los antimicrobianos (RAM): La OMS ha declarado que la RAM es una de las 10 principales amenazas mundiales para la salud pública a las que se enfrenta la humanidad. El uso indebido y excesivo de antimicrobianos son los principales impulsores del desarrollo de patógenos resistentes a los medicamentos. La falta de agua limpia y saneamiento y la prevención y el control inadecuados de infecciones promueven la propagación de microbios, algunos de los cuales pueden ser resistentes al tratamiento antimicrobiano.

Desde el año 2016 Chile desarrolla un Plan Nacional Intersectorial que establece compromisos interministeriales con instituciones públicas y privadas para abordar la RAM en el período 2021- 2025. Particularmente, tendrá por misión promover que el profesorado reconozca la RAM como una problemática que amenaza la salud, identificando las oportunidades que ofrece el currículum nacional para que los y las estudiantes aprendan sobre la resistencia a los antimicrobianos.

### *Un problema local*

En nuestro planeta, los seres vivos estamos interconectados de diversas formas. Establecemos relaciones de consumo, protección, colaboración y otras. La vida como la conocemos es interdependiente. Lo que para algunos es alimento, para otros es crecimiento. Lo que para aquellos es beneficio, para otros es daño; y durante los millones de años que la vida lleva desarrollándose en distintos rincones de la Tierra, el destino de sus habitantes no está pretrazado, más bien es el resultado de cambios sucesivos que permiten o no adaptarse a las condiciones físicas y biológicas del entorno.

El ser humano ha desarrollado la capacidad de modificar su entorno de todas las maneras imaginables para desarrollarse y prosperar como especie. También ha debido enfrentar las amenazas que presenta la naturaleza y que ponen en riesgo la vida, o el estilo de vida de la especie humana, a través del desarrollo de conocimiento científico o tecnológico, entre otros.

En el transcurso de la historia, el ser humano ha debido enfrentar la propagación de enfermedades con las herramientas disponibles hasta ese momento, impulsando así el pensamiento creativo para generar soluciones que representen cierta seguridad frente a la amenaza. Así pueden explicarse muchos de los avances farmacológicos y médicos.

4 La Ciencia para el siglo XXI: un nuevo compromiso. Conferencia Mundial sobre la Ciencia Budapest, Hungría, 1999. Preambulo. UNESCO. 2000

Una amenaza permanente proviene del mundo microscópico: enfermedades, pestes, pandemias y otros que en su época fueron letales para el ser humano y que, probablemente, hoy estén erradicadas, controladas o son enfermedades crónicas con tratamiento efectivo. Por lo tanto, han dejado de ser una amenaza para la especie. Probablemente, sea tan alta la variedad de aquellos individuos microscópicos que conocemos, como la de aquellos que aún no conocemos. Esto hace imposible anticiparse y tener un “remedio” para cada uno de ellos. Es tan alta la tasa a la cual aparecen nuevas variantes de estos organismos, que la tarea de enfrentarlos como “enfermedad” es más difícil aún. En esta lucha, la forma en que el humano ha enfrentado a los microorganismos patógenos ha sido eficiente en el corto y mediano plazo, pero ha levantado alertas acerca de las consecuencias en el mediano y largo plazo.

Por lo anterior, se hace urgente entender la relación interdependiente entre los grupos de organismos microscópicos y el ser humano. Habrá que entenderlo además en diversos niveles: tecnológico, científico, social, económico y, por cierto, educativo.

## Ciencia Escolar

La propuesta de los módulos de “Resistencia antimicrobiana” abordará contenidos y desarrollo de habilidades del Currículo Nacional para la educación básica y media, a través de experiencias de aprendizaje con enfoque indagatorio, incorporando nociones del quehacer científico, naturaleza del conocimiento y relevando la historia de la ciencia como fuente de evidencia. Todo ello en función de comprender la RAM como un problema sociocientífico sobre el cual no solo es posible conocer, sino que posible y necesario actuar.

### Actividades de educación básica

Para el aprendizaje de la ciencia escolar el mundo de los microorganismos presenta un desafío enorme. A pesar de encontrarse en múltiples y variados entornos, acceder a ellos no es fácil, puesto que se requiere de material, tiempo, tecnología y procedimientos no siempre sencillos de acceder en dichos ámbitos.

Una interesante y rica fuente de evidencia, observaciones, procedimientos, discusiones y resultados se encuentra en relatos, historias, anécdotas y otros tipos de comunicación y divulgación de la ciencia. En ellos se accederá al quehacer científico, a los datos que este arroja, a las dificultades y éxitos que aparecen al enfrentar un desafío; podrá ser el camino mediante el cual niñas, niños y jóvenes accederán a aquello que no es posible observar con “sus propios ojos”.

Esta aproximación sobrepasa a la colección de hechos, fechas o datos. Más bien, se espera poner el quehacer científico real al alcance de niñas, niños y jóvenes, a través de preguntas genuinas y de interés para ellos. Será el quehacer mismo de la ciencia el que revelará experiencias, procedimientos, resultados, discusiones, para generar en los estudiantes nuevas preguntas, otros análisis y la construcción conceptual, en la medida que “entenderán la ciencia”; cómo se construye y lo que la “ciencia es capaz de hacer”.

### Actividades de educación media

A través del desarrollo del módulo de enseñanza media se pretende que los estudiantes comprendan la acción de los antibióticos en el cuerpo humano y la respuesta microbiana a nivel celular y molecular, además de

las consecuencias para otros seres vivos que se ven afectados producto de la resistencia de los microbios a los antibióticos. También se espera que los estudiantes tomen conciencia de que la causa principal de este efecto biológico se debe al descontrol en el consumo de antibióticos sin prescripción médica por gran parte de la sociedad, lo cual genera una amenaza biológica latente.

El currículum nacional vigente en ciencias naturales es la base de la elaboración del módulo, del cual son considerados los objetivos de aprendizaje de segundo a cuarto medio relacionados con el contenido sobre resistencia antimicrobiana. Para la implementación del módulo se propone el uso de diversas estrategias didácticas para la enseñanza de la ciencia y el planteamiento de problemáticas sociocientíficas, las cuales favorecen el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes. También se complementa con el análisis de datos estadísticos que permiten visualizar los efectos e incidencias de la RAM en enfermedades, muertes, duración de la estancia hospitalaria y la salud en general.

Considerando la importancia de la temática para la población mundial y su adecuada cobertura desde la educación media, se entrega contenido pertinente para docentes y estudiantes, sobre los efectos de la resistencia microbiana, los microorganismos y el uso indiscriminado de antibióticos en la vida cotidiana, relación patógeno-antimicrobiano, sensibilidad antibiótica, patologías asociadas a la transmisión de genes de resistencia antimicrobiana a organismos ambientales, entre otros. Para ampliar su contenido, se presentarán estrategias biotecnológicas y avances en el desarrollo de nuevos fármacos y antimicrobianos que influyen en la calidad de vida de las personas y el medioambiente.



*2.- Marco Referencial*

---

## 2.1 Indagación científica y problemas sociocientíficos

En coherencia con la mayoría de los currículum de ciencia del mundo, hablar hoy de educación en ciencias es promover en los estudiantes la alfabetización científica. Esto refiere a la capacidad para aplicar en su vida diaria los conocimientos y habilidades aprendidos en las clases de ciencia, facilitándoles participar en la discusión y toma de decisiones sobre temas científicos que podrían afectar su vida y su entorno (MINEDUC, 2012; Abd-El- Khalick et al., 2004; Crawford, 2007; Lederman, 2009; en Großmann & Wilde 2019; NRC, 2012).

La indagación científica como enfoque pedagógico juega un papel esencial en la promoción y el logro de la alfabetización científica. Esta manera de enseñar implica para el Programa ICEC organizar la educación en ciencias bajo determinados principios (ver tabla 1), conduce al docente a centrar su tarea pedagógica en los estudiantes, promoviendo su participación en actividades de aprendizaje que los involucren colaborativamente en la búsqueda de respuestas a preguntas y/o desafíos científicos vinculados a su entorno local (Hernández-Lémann et al., 2021).

Por su parte, si pensamos en la indagación científica como una estrategia didáctica en el aula, esta se traduce en el diseño de experiencias de aprendizaje que reproducen procesos y actividades similares a las formas en que los científicos estudian el mundo, que al mismo tiempo les permite mejorar sus comprensiones acerca de lo que es la ciencia (Romero-Ariza, 2017; González-Weil, et al., 2012; Abd-El- Khalick et al., 2004; Osborne & Dillon, 2008; Teig, 2019; Flick & Lederman, 2006, en Großmann & Wilde 2019; NRC, 1996; Rocard et al., 2007).

La enseñanza de las ciencias por indagación no puede olvidar la relación entre la escuela y el territorio, si se quiere lograr una educación en ciencias con sentido local. Solo de esta forma los estudiantes podrán utilizar los saberes alcanzados en la escuela para entender fenómenos científicos que les afecten y frente a los cuales, como un ejercicio preliminar de ciudadanía, puedan proponer soluciones utilizando las competencias que provee una adecuada alfabetización científica.

**Tabla: Principios para implementar la Indagación Científica en el aula<sup>5</sup>**

1	El educador/docente que utiliza la indagación científica como enfoque pedagógico para enseñar ciencias desarrolla una actitud indagatoria respecto a su práctica dando alta relevancia a la reflexión pedagógica, individual y colectiva, orientada a mejorar los resultados de aprendizaje de sus estudiantes.
2	El educador/docente que enseña ciencias utilizando la indagación científica como estrategia didáctica asume un rol de mediador del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes a través del diseño e implementación de actividades indagatorias.
3	La indagación científica como estrategia didáctica promueve la alfabetización científica de los estudiantes, la adquisición de las grandes ideas de la ciencia, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el establecimiento de relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.

<sup>5</sup> Adaptado de Hernández-Lémann, E. Caffi, D.; Mancilla, E.; Aranis, P. (2021) *El Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias ICEC. Un modelo de desarrollo profesional para educadoras y docentes que enseñan ciencia.* Ministerio de Educación de Chile.

4

La utilización de la indagación científica como una estrategia didáctica involucra el planteamiento de un problema y la búsqueda colaborativa de una respuesta, en un clima de respeto mutuo, trabajo colaborativo, reconocimiento y valoración de los aportes de los estudiantes.

5

La utilización de la indagación científica en el aula promueve aprendizajes de orden conceptual, actitudinal y de habilidades científicas a través del hacer y comprender el sentido de las actividades científicas realizadas.

6

El estudiantado que participan en la clase de ciencias indagatoria asume un rol activo en la construcción colaborativa de sus aprendizajes en ciencias.

Al respecto, diversos autores plantean que las controversias o problemáticas sociocientíficas constituyen una estrategia interesante para promover vínculos entre la vida cotidiana y la ciencia. El uso de problemas sociocientíficos, al aplicar los modelos científicos vistos en la escuela al contexto socioterritorial de los estudiantes, facilita el desarrollo de competencias científicas especialmente vinculadas al uso de pruebas y evidencias, incorporando aspectos sociales, económicos y éticos en debates que promueven la argumentación, el pensamiento crítico y el enfoque hacia la toma de decisiones. (Domènech y Márquez, 2010; Díaz y Jiménez, 2012; Solbes, 2013 España y Prieto, 2010; Sadler, 2011).

Por otra parte, utilizar problemas sociocientíficos en una clase de ciencias indagatoria permite alcanzar mejores resultados de aprendizaje, junto con una comprensión más profunda y compleja del conocimiento científico. Esto ocurre porque las problemáticas sociocientíficas nunca están desprovistas de valores personales, prioridades sociales y razonamiento ético, por lo que su inclusión en las clases de ciencias indagatorias aumenta el compromiso disciplinario de los estudiantes, la calidad de su práctica argumentativa y el razonamiento científico para evaluar problemas desde diferentes perspectivas y proponer soluciones con sentido de justicia social a problemas complejos del mundo real. (Nam, Y. & Chen, Y.C., 2017; Sadler, T., Barab, S. & Scott, B., 2007; Wiyarsi A., Prodjosantoso A, Nugraheni A., 2021; Aleixandre, M.P. 2017).

Los módulos didácticos del programa ICEC constituyen un recurso pedagógico centrado en el uso de problemas sociocientíficos en contexto indagatorio para enseñar ciencias en la escuela. Esos pueden ser aplicables a los diversos contextos y territorios de todo el país ofreciendo un modelo de implementación curricular que aborda temas transversales a los tres niveles del currículo nacional. Permitirá a los estudiantes reconocer fenómenos y problemáticas de su entorno, local, regional o nacional, para aprender contenidos, habilidades y actitudes propias del aprendizaje de la ciencia escolar. Todo ello se constituirá en un conjunto de competencias científicas esenciales para el ejercicio de una ciudadanía alfabetizada científicamente, que puede enfrentar y participar de los desafíos sociocientíficos del mundo actual.

## 2.2 Saberes docentes para el módulo didáctico

A continuación, se describen los contenidos disciplinares que los docentes deben dominar para el desarrollo de cada experiencia de aprendizaje. Lo anterior en concordancia con los objetivos de aprendizaje de enseñanza media y su relación con las grandes ideas de la ciencia.

## Segundo año Medio

### OA8\_NM2:

Investigar y explicar las aplicaciones que han surgido a raíz de la manipulación genética para generar alimentos, detergentes, vestuario, fármacos u otras, y evaluar sus implicancias éticas y sociales.

### Experiencia de aprendizaje 1:

Manipulación genética de los alimentos.

**Relación con la tercera gran idea de la ciencia:** la información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente; podemos ampliar esta idea incluyendo el conocimiento de que tanto las variaciones biológicas como la modificación de genes individuales puede aumentar la diversidad biológica. En este objetivo cada docente utilizará las bases genéticas y biológicas fundamentales de los organismos vivos para que sus estudiantes sean capaces de comprender la problematización didáctica planteada. Motivará a los estudiantes a cuestionar e indagar en la búsqueda de información confiable para responder a la pregunta planteada: ¿cuáles son las implicancias éticas y sociales que tiene la manipulación genética en los alimentos? Para responder a esta pregunta es necesario el dominio de los conocimientos de material genético (ADN y ARN) y su transferencia a la descendencia; mecanismos de transferencia de genes en bacterias, plantas y animales; resistencia a los antibióticos; alimentos transgénicos; manipulación de

genes en bacterias y plantas. Además de promover que los estudiantes usen fuentes referenciales confiables, el docente debe invitarlos a poner en tela de juicio los beneficios versus los posibles problemas que conlleva el uso de transgénicos en los alimentos, por ejemplo. Abordar este objetivo cobra importancia para la comprensión del conocimiento generado a partir del estudio de los mecanismos moleculares de la resistencia antimicrobiana, ya sea natural en microorganismos ambientales o por microorganismos patógenos con implicancias clínicas. Eso ha permitido el desarrollo de herramientas biotecnológicas que han mejorado procesos como, por ejemplo, la producción de fármacos, vegetales resistentes a sequía y ataques de gusanos (entre otros); mejorar procesos con disminución de contaminantes y/o mejoras en la utilización y recuperación de materias primas. Esto, principalmente, porque la resistencia microbiana es el principal mecanismo de selección de organismos genéticamente modificados en laboratorios biotecnológicos.

### Los conceptos claves a considerar:

- 1.- **Material genético:** Se refiere a las moléculas que almacenan la información genética de los organismos vivos. Generalmente nos referimos al ácido desoxirribonucleico (ADN), molécula compuesta por dos cadenas polinucleotídicas que se disponen alrededor de un eje central imaginario formando una doble hélice. No obstante, en algunos virus la información genética está contenida en la molécula ácido ribonucleico (ARN), la que se diferencia del ADN en que está formada por una sólo cadena y contiene una ribosa en lugar de la desoxirribosa. En estas moléculas está contenida toda la información genética que permite al ser vivo expresarse como tal, incluso la capacidad de resistir y transferir la resistencia antimicrobiana. Comprender la organización, mantenimiento y tráfico de genes de resistencia antimicrobiana se vuelve crucial para las siguientes etapas del conocimiento, visto desde un punto de vista progresivo
- 2.- **Mecanismos de transferencia de genes en bacterias, plantas y animales:** La estructura universal de ADN hace posible que bajo ciertas circunstancias se transfieren

genes de manera natural de un organismo a otro, y que se establezca y se incorporen al material genético que lo recibe, uno de esos mecanismos es la transferencia horizontal de genes, que ocurre cuando células microbianas, vegetales, humana o animal es infectada por virus. Otro mecanismo genético es la transferencia vertical de genes, esta se refiere a la transmisión de gen parental a la progenie, como la que ocurre de padres a hijos. Comprender estos mecanismos, como se regulan y cómo pueden ser transferidos incluso a bacterias que no son resistentes a antibióticos influye directamente en la prevención del abuso de antibióticos.

- 3.- Genes de resistencia a antimicrobiano:** El fenómeno de resistencia a antimicrobianos tiene un origen genético natural o adquirido que se expresa fenotípicamente por mecanismos bioquímicos; principalmente observada en bacterias Gram negativas. Estos genes de resistencia antimicrobiana se originan por mutación o por la adquisición de plásmidos (ADN circular con capacidad de replicación) o transposones (genes saltarines).

La causa de la resistencia antimicrobiana puede responder a factores múltiples, pero la base biológica detrás es la presencia de genes de resistencia antimicrobiana y la expresión de ellos. Se suma esto la presión selectiva del abuso de antibióticos en la población y la capacidad que tienen las bacterias de mantener y transmitir estos genes en ambientes particulares, como por ejemplo en el cuerpo humano (intestino, piel, mucosas, etc.) o sistemas acuáticos naturales (ríos, lagos, playas), cultivos agrícolas o en criaderos (avícolas y ganadería).

- 4.- Alimentos transgénicos:** Los alimentos genéticamente modificados (GM) contienen fragmentos de ADN foráneo, es decir material genético de otras plantas o animales integrado a sus cromosomas. Los científicos toman el gen responsable de un rasgo deseado de una planta o animal e insertan ese gen dentro de una célula de otra planta o animal. Este gen le confiere características nuevas, que el organismo natural no tiene. Permitiendo por ejemplo en el caso de plantas resistir a salinidad en suelo, no ser atacadas por patógenos de plantas, o producir compuestos nuevos en frutos u hojas. Los alimentos transgénicos son el ejemplo más popularmente conocido de manipulación genética, sin embargo, existen múltiples ejemplos donde se ha demostrado que la manipulación genética puede tener aplicaciones en la producción de fármacos, compuestos nutracéuticos y moléculas con aplicaciones industriales que permiten mejoras en la calidad de vida del ser humano. En el caso de los alimentos GM las mejoras responden a: i) Mitigaciones de factores estresantes en las fases de producción agrícola, como por ejemplo estrés hídrico o ataques de patógenos de plantas, o deficiencias de nutrientes en los suelos, entre otros. ii) Producción de compuestos bioactivos, donde se busca aumentar las propiedades de los alimentos (vitaminas, azúcares, antioxidantes).

A pesar de ser el ejemplo más conocido, se cuenta con poca información, basada en evidencias científicas, sobre los posibles daños a largo plazo. Por otro lado, mucha información sobre los posibles daños al consumir se apoya en evidencia poco confiable y no reconocida por científicos expertos en el área. Es así que el uso de alimentos GM pasan a ser tema controversial a nivel mundial, generando discusiones de niveles éticos.

**¿La generación y consumo de alimentos GM tendría un efecto en la resistencia antimicrobiana?**, en este punto el docente debe invitar a los estudiantes a buscar fuentes de información confiables para construir el conocimiento sobre el tema y generar un juicio de valor.

### **Tercer año Medio**

#### **Plan común Bienestar y salud:**

##### **OA1\_NM3:**

Analizar, sobre la base de la investigación, factores biológicos, ambientales y sociales que influyen en la salud humana (como la nutrición, el consumo de alimentos transgénicos, la actividad física, el estrés, el consumo de alcohol y drogas, y la exposición a rayos UV, plaguicidas, patógenos y elementos contaminantes, entre otros).

##### **Experiencia de aprendizaje 2:**

Influencia humana en el surgimiento de enfermedades.

#### **Relación con la primera gran idea de la ciencia:**

Los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medio ambiente.

Los diferentes estilos de vida que presenta la población repercuten en el bienestar y la salud de las personas, con la finalidad de tomar conciencia y valoración de una vida saludable. Esto, permite comprender los efectos de contaminantes ambientales del aire, aguas y suelos sobre la salud humana.

Así mismo el comportamiento como "paciente responsable" cuando un individuo se enferma, previa consulta en tiempo adecuado al servicio de Salud correspondiente con la gravedad de sus síntomas, el consumo de medicamentos recetados bajo la orden médica en las dosis y tiempos correspondientes se convierte en una actitud importante en la salud y bienestar de los ciudadanos. Cuando esta medicación

corresponde a una automedicación con antibióticos, sin previa consulta médica, se convierte en un factor de riesgo trascendental en la resistencia microbiana en el ser humano y en el ambiente.

Para generar esta conciencia en los estudiantes el docente debe guiarlos a conocer los factores biológicos, sociales y ambientales que favorecen y reducen la resistencia antimicrobiana y cómo esto influye en el bienestar humano y ambiental.

Para lograr este objetivo el docente deberá considerar contenidos como: la preservación de las especies; desarrollo de productos derivados de la ingeniería genética, la relación del hombre con la naturaleza, la explotación y usos de los recursos naturales, así como la aplicación y usos de productos para el cuidado de la salud los que guardan una íntima relación con la defensa de los derechos de la persona.

#### **Los conceptos claves a considerar:**

- 1.- Diversidad biológica:** También conocida como biodiversidad, se refiere a la variedad y la abundancia de formas de vida en un ecosistema, región o en todo el planeta Tierra. Esta diversidad engloba todos los seres vivos, desde microorganismos invisibles a simple vista hasta plantas, animales y seres humanos. En el contexto de la enseñanza de la resistencia microbiana a antibióticos, comprender la diversidad biológica es crucial, ya que esta resistencia puede variar entre diferentes especies de microorganismos e incluso dentro de una misma especie. La diversidad biológica microbiana contribuye a la complejidad de los problemas relacionados con la resistencia a los antibióticos y resalta la importancia de abordar este tema desde una perspectiva holística.

- 2.- Ecosistemas:** Se refiere al sistema natural formado por la interacción de componentes bióticos (seres vivos) y componentes abióticos (factores físicos y químicos) en un ambiente particular. Estos componentes interactúan de manera dinámica y están interconectados, lo que permite que el ecosistema funcione como una unidad autónoma. Los componentes bióticos incluyen plantas, animales, hongos, bacterias y otros microorganismos que coexisten en un área determinada. Estos organismos interactúan entre sí a través de relaciones alimentarias, competencia por recursos y otras interacciones ecológicas. Por otro lado, los componentes abióticos comprenden factores como el clima, el suelo, la luz solar, la temperatura, la humedad, la disponibilidad de agua y los nutrientes. Estos factores físicos y químicos influyen en la distribución y la abundancia de las especies en el ecosistema. La conservación y la preservación de los ecosistemas son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de la biodiversidad del planeta.
- 3.- Hábitats:** Corresponde al lugar o entorno físico donde vive una especie de organismo o comunidad de seres vivos. Es el espacio que proporciona las condiciones necesarias para la supervivencia, el crecimiento, la reproducción y el desarrollo de las especies que lo habitan. Los hábitats pueden variar significativamente en términos de características físicas y ambientales, y cada tipo de hábitat alberga una variedad única de organismos adaptados a esas condiciones particulares. Algunos ejemplos corresponden a: bosques, arrecifes de coral, humedales, estuarios, cuevas, ríos, lagos, arroyos, océanos. Cada hábitat desempeña un papel específico en la sostenibilidad de la vida. La degradación y la pérdida de hábitats debido a actividades humanas, como la urbanización y la deforestación, representan una amenaza significativa para la biodiversidad global.
- 4.- Ingeniería Genética:** Es una disciplina de la biotecnología que implica la manipulación deliberada de material genético (ADN) para modificar las características de un organismo. Esto se logra al introducir, eliminar o modificar genes en un organismo, lo que puede tener una amplia variedad de aplicaciones, desde la producción de medicamentos hasta la mejora de cultivos agrícolas y la investigación científica. En el contexto de la RAM, la ingeniería genética se utiliza para comprender mejor los mecanismos de resistencia a los antibióticos en las bacterias y para desarrollar enfoques para combatir esta resistencia. Las aplicaciones de esta disciplina incluyen la identificación de genes responsables de la resistencia a los antibióticos en las bacterias, la creación de nuevos antibióticos mediante la modificación genética de microorganismos e incluso el desarrollo de terapias personalizadas antimicrobianas basadas en el perfil genético de las bacterias causantes de infecciones.
- 5.- Bioética:** La bioética es una disciplina interdisciplinaria que se ocupa de explorar y analizar los dilemas éticos y morales que surgen en el campo de la biología, la medicina, la investigación biomédica y la atención médica. Su objetivo principal es proporcionar un marco ético para abordar cuestiones relacionadas con la vida y la salud de los seres humanos y otros seres vivos. Los principios fundamentales de la bioética incluyen: i) Autonomía: Respetar la capacidad de toma de decisiones autónomas de los individuos, lo que implica obtener un consentimiento informado antes de cualquier procedimiento médico o de investigación. ii) Beneficencia: Promover el bienestar y el beneficio de los pacientes y sujetos de investigación, asegurando que los tratamientos y procedimientos

sean en su mejor interés. iii) No maleficencia: Evitar causar daño a los pacientes o sujetos de investigación, minimizando los riesgos y daños potenciales. iii) Justicia: Garantizar la distribución justa y equitativa de los recursos y tratamientos médicos, y evitar la discriminación en la atención médica y la investigación. Y por último, iv) Confidencialidad: Proteger la privacidad y la información médica de los pacientes y sujetos de investigación.

La relación de la bioética y la RAM es amplia y extremadamente necesaria para: i) Uso responsable de Antibióticos: enfatizando la importancia de utilizar los antibióticos de manera responsable y solo cuando sea necesario. ii) Uso Inapropiado de Antibióticos, como su prescripción innecesaria o el uso excesivo en prácticas de las industrias de la agricultura y la acuicultura. iii) Acceso Equitativo a Antibióticos Efectivos: La RAM puede llevar a la escasez de tratamientos efectivos para infecciones bacterianas, lo que plantea cuestiones éticas sobre el acceso equitativo a terapias médicas efectivas. La bioética se preocupa por garantizar que todas las personas tengan acceso a los tratamientos

adecuados, incluso en un entorno de RAM. iv). Pruebas Diagnósticas Precisas: La bioética también aborda la necesidad de pruebas de diagnóstico precisas para determinar cuándo es necesario el uso de antibióticos. Las pruebas inadecuadas o inexactas pueden llevar a tratamientos inapropiados y a un mayor riesgo de RAM. Y por último, v) Priorización de la Salud Pública: La bioética considera la importancia de priorizar la salud pública en la lucha contra la RAM. Esto puede incluir la implementación de políticas y regulaciones para controlar el uso de antibióticos y prevenir la propagación de cepas resistentes.

## Ciencias de la salud

### OA2\_NM3:

Explicar cómo la interacción entre genoma y ambiente determina patologías y condiciones de la salud humana.

### Experiencia de aprendizaje 3:

Medios de dispersión de microorganismos

### **Relación con la tercera gran idea de la ciencia:**

La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.

Relación con la cuarta gran idea de la ciencia: la evolución es la causa de la diversidad de los organismos, ya sean vivos o extintos.

El área de conocimiento en la que se enmarca este objetivo es trascendental para tener claras las bases moleculares de la transferencia de los genes de resistencia microbiana desde un organismo resistente a otro que originalmente no presentaba resistencia. Esto ocurre naturalmente en el microbioma humano cuando está sometido a una presión selectiva por el uso inadecuado de antibióticos. Aunque esto es más frecuente que ocurra en países en vías de desarrollo,

donde se acumulan factores del comportamiento ciudadano que son agravantes, pero es más complejo cuando este panorama ocurre en países poco o en vías de desarrollo, donde los hábitos de prescripción, utilización de antibióticos y prácticas de higiene se presentan con una baja regulación.

Para abordar este objetivo cada docente relacionará conceptos biológicos que van desde la importancia del desciframiento del código genético de varias especies, en especial del ser humano y las bacterias, pasando por la transferencia de genes bacterianos y la influencia de factores ambientales en la expresión de genes y sus posibles consecuencias en la salud humana.

Para este abordaje es necesario considerar que el ADN y su expresión es el resultado de las interacciones endógenas de todos sus genes y la interacción inevitable con el medioambiente directa o indirectamente; con ello, podemos tener predisposición o protección para las enfermedades. La interacción del ADN y el ambiente es el objetivo de estudio de la epigenética (sobre los genes), que se considera como regulador de la expresión de algunos genes y se utiliza como un registro del entorno; básicamente, son una memoria del ambiente al que estuvieron expuestos. Esta disciplina se refiere al estudio de los cambios heredables en la expresión de los genes sin cambios en la secuencia de ADN; los cambios se producen en la cromatina, formada por ADN enrollado sobre proteínas y que contiene a los genes antes de que sean expresados.

Los factores ambientales reconocidos bajo evidencia científica que son capaces de producir cambios en la expresión de genes corresponden a la alimentación (tipo y calidad de dieta), los rayos UV, el estrés, los fármacos, las drogas, el alcohol y el tabaco, el cuidado materno, las relaciones interpersonales, la actitud frente a la vida, entre otras.

El avance científico y tecnológico tiene un potencial incalculable en las transformaciones y las prácticas relacionadas con la vida en general y la salud pública en particular. Además, los avances de la genómica, transcriptómica y epigenética humana plantean complejas interrogantes éticas, jurídicas y económicas a la humanidad.

### ***¿Puede el uso y abuso de antibióticos en la población humana causar modificaciones en la expresión de genes en la población humana?***

Para responder a esta pregunta se debe considerar los siguientes contenidos:

- 1.- **Relación entre ciencia y vida:** Refiere a la interacción y la influencia mutua entre el conocimiento científico y la experiencia cotidiana de las personas. Esta relación implica que la investigación científica, los avances tecnológicos y los descubrimientos en diversas disciplinas científicas tienen un impacto directo en la vida de las personas y en la sociedad en general. Algunos puntos clave de esta relación son: i) aplicaciones tecnológicas: la ciencia y la investigación científica conducen al desarrollo de nuevas tecnologías y productos que mejoran la calidad de vida. Por ejemplo, la medicina moderna, basada en la investigación científica, ha llevado a tratamientos médicos avanzados y medicamentos, lo que ha aumentado la esperanza de vida y mejorado la salud. ii) resolución de problemas: la ciencia se utiliza para comprender y abordar problemas complejos que afectan a la vida en la Tierra, como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la salud. Los científicos trabajan en la búsqueda de soluciones basadas en datos y evidencia científica. iii) toma de decisiones: las políticas públicas y las decisiones gubernamentales se basan en datos científicos para abordar problemas de salud, seguridad y medioambiente. Por ejemplo, la regulación de medicamentos y alimentos. iv) educación y alfabetización científica: la comprensión de conceptos científicos es esencial para tomar decisiones informadas sobre cuestiones de salud, medioambiente y tecnología. La educación científica permite a las personas participar de manera más efectiva en la sociedad y tomar decisiones que afectan sus vidas y comunidades.

En el contexto de la pregunta sobre la relación entre el uso y abuso de antibióticos en la población humana y las modificaciones en la expresión de genes, la relación entre ciencia

y vida es fundamental. La investigación científica sobre los efectos de los antibióticos en la salud humana y en la microbiota intestinal (que también tiene una influencia en la expresión de genes) es esencial para comprender cómo estas sustancias pueden afectar la vida y la salud de las personas. Además, esta comprensión científica influye en las decisiones médicas y políticas relacionadas con el uso de antibióticos y en la promoción de prácticas responsables para proteger la salud pública y la vida.

- 2.- Genoma humano:** Conjunto completo de material genético contenido en las células humanas. Este material genético está contenido principalmente en el núcleo de las células, pero también en las mitocondrias, que son organelos celulares que tienen su propio material genético. El genoma humano contiene la información necesaria para la construcción y el funcionamiento de un ser humano, incluyendo la determinación de características físicas, funciones metabólicas y susceptibilidad a enfermedades. La RAM y el genoma humano están relacionados en términos de cómo la resistencia bacteriana afecta la salud humana y cómo la genética humana puede influir en la susceptibilidad a la RAM y en la respuesta al tratamiento. La comprensión de esta relación es importante para abordar eficazmente el problema de la RAM y desarrollar enfoques de tratamiento más precisos y personalizados.
- 3.- Epigenética:** Estudio de cambios heredables y reversibles en la expresión génica o en las características fenotípicas de un organismo que no están causados por cambios en la secuencia de ADN subyacente. En otras palabras, la epigenética se centra en cómo los factores externos y las modificaciones químicas pueden influir en la forma en que los genes se activan o desactivan sin alterar la secuencia de ADN en sí. La relación entre la RAM y la epigenética es un área de investigación emergente que explora cómo los cambios epigenéticos en las bacterias pueden estar relacionados con la RAM y cómo estos cambios pueden influir en la resistencia a los antibióticos. Entre las principales relaciones se establecen: i) metilación del ADN, que corresponde a una modificación epigenética que implica la adición de grupos metilo a las bases del ADN. Algunas investigaciones sugieren que la metilación del ADN en ciertos genes bacterianos puede estar asociada con la regulación de la expresión de genes relacionados con la RAM. Esto puede influir en la capacidad de las bacterias para resistir los antibióticos. ii) modificación de histonas, que son proteínas alrededor de las cuales se enrolla el ADN en la cromatina. Las modificaciones epigenéticas de las histonas pueden influir en la accesibilidad del ADN y la expresión de genes. Algunas investigaciones han demostrado que las modificaciones de histonas pueden estar involucradas en la regulación de genes que confieren resistencia a los antibióticos. iii) herencia epigenética: algunos estudios sugieren que las modificaciones epigenéticas en las bacterias pueden ser heredables a través de generaciones bacterianas. Esto podría contribuir a la persistencia de la RAM en poblaciones bacterianas, incluso en ausencia de antibióticos.
- 4.- Relaciones endógenas:** En el contexto de la RAM, las relaciones endógenas se refieren a las interacciones y procesos internos dentro de las poblaciones bacterianas o comunidades microbianas que pueden contribuir a la propagación y persistencia de la RAM. Estas interacciones pueden ser tanto competitivas como cooperativas, y juegan un papel importante en la dinámica de la RAM y la evolución de cepas resistentes

en poblaciones microbianas. Comprender estas relaciones es esencial para abordar eficazmente el problema de la RAM y desarrollar estrategias de control.

- 5.- Principales áreas de aplicación de genómica en salud pública:** La genómica desempeña un papel esencial en múltiples aspectos de la salud pública relacionados con la RAM. Desde la identificación de genes de resistencia hasta el diagnóstico rápido y el desarrollo de nuevas terapias, la genómica mejora la capacidad de abordar eficazmente el problema de la RAM y proteger la salud pública.

## Cuarto medio

### Biología celular y molecular

#### OA2\_NM3:

Explicar cómo la interacción entre genoma y ambiente determina patologías y condiciones de la salud humana.

#### Experiencia de aprendizaje 3:

Medios de dispersión de microorganismos

#### Relación con la tercera gran idea de la ciencia:

La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente.

La información fluye desde ADN-ARN-proteína, y este flujo direccional se conoce como el dogma de la biología molecular.

Para la expresión de los genes se deben llevar a cabo mediante 2 pasos:

- **Transcripción:** el gen se copia desde el ADN hasta el ARN. En eucariontes, el transcrito de ARN se somete a un procesamiento posterior para generar un ARN mensajero maduro (ARNm).
- **Traducción:** la secuencia de nucleótidos del ARNm se decodifica en una secuencia de aminoácidos de un polipéptido. Esto ocurre dentro del ribosoma y requiere de moléculas adaptadoras llamadas ARNt.

En esta última etapa los nucleótidos del ARNm se leen en triadas denominadas codones. Cada uno de ellos codifica un aminoácido en particular o una señal de alto. Este conjunto de relaciones se conoce como

código genético y es universal en todos los organismos vivos conocidos.

Los antibióticos reconocen parte de la estructura bacteriana y al unirse a ellos producen la pérdida de la función. Esto ocurre mediante mecanismos moleculares conocidos y se debe a la acción sobre una estructura o molécula clave como: i) reconocimiento y desactivación de enzimas fundamentales para la vida celular, como las llamadas proteínas fijadoras de penicilina, que inhiben finalmente la síntesis de pared celular bacteriana, o sobre la DNA girasa, que produce un superenrollamiento del DNA, o sobre la RNA polimerasa, responsable de la transcripción, o de la dihidrofolato reductasa que participa del metabolismo del folato, etc. ii) inhibición de diversos componentes de la maquinaria biosintética de proteínas, impidiendo así la traducción de los RNA mensajeros, proceso fundamental para la vida bacteriana. Para comprender estos procesos es necesario comprender los mecanismos moleculares involucrados en el flujo de información entre ADN-ARN-Proteína.

#### Los conceptos claves a considerar:

- 1.- **Transcripción:** La transcripción es un proceso fundamental en la biología molecular que implica la síntesis de una molécula de ARN (ácido ribonucleico) a partir de una secuencia de ADN (ácido desoxirribonucleico) específica. Este proceso es una parte esencial del dogma central de la biología molecular, que describe el flujo de información genética en las células desde el ADN hasta el ARN y, posteriormente, a las proteínas. La transcripción comienza cuando una enzima llamada ARN polimerasa se une a una región específica del ADN conocida como el promotor. El promotor es una secuencia de nucleótidos que señala el inicio de un gen y determina qué gen será transcrito. Una vez que la ARN polimerasa se ha unido al promotor, comienza a moverse a lo largo de la hebra de ADN y a sintetizar una molécula de ARN complementaria utilizando las bases complementarias al ADN

como molde. La secuencia de nucleótidos en el ARN será complementaria a la secuencia del ADN original, excepto que utiliza uracilo (U) en lugar de timina (T). La transcripción continúa hasta que la ARN polimerasa alcanza una secuencia de terminación en el ADN, que señala el final del gen. En este punto, la ARN polimerasa se separa del ADN y libera la molécula de ARN recién sintetizada. El producto final de la transcripción es una molécula de ARN llamada ARN mensajero (ARNm). El ARNm contiene la información genética necesaria para la síntesis de una proteína específica. El ARNm se exporta fuera del núcleo celular y se traduce en proteínas en el citoplasma celular.

- 2.- Traducción:** Proceso esencial en la biología molecular que sigue a la transcripción y permite la síntesis de proteínas a partir de la información contenida en las moléculas de ARN mensajero (ARNm). Este proceso es una parte fundamental del dogma central de la biología molecular, que describe el flujo de información genética en las células desde el ADN hasta el ARN y, luego, a las proteínas. La traducción comienza en el ribosoma, un orgánulo celular compuesto de ARN ribosómico y proteínas. El ribosoma se une al inicio del ARNm en una región llamada codón de inicio (generalmente AUG). Este codón de inicio codifica para el aminoácido metionina, que es el primero en la secuencia de la proteína. La ARN polimerasa lee la secuencia de codones en el ARNm en grupos de tres, llamados tripletes o codones. Cada codón especifica un aminoácido particular.

Existen 64 posibles codones, que codifican para los 20 aminoácidos diferentes presentes en las proteínas y tres señales de terminación (UAA, UAG y UGA) que indican el final de la síntesis de la proteína. Para cada codón en el ARNm, se empareja un ARN de transferencia (tARN) específico que lleva el aminoácido correspondiente. El emparejamiento se basa en el código genético, que establece qué codones se corresponden con qué aminoácidos. El ribosoma facilita la unión del aminoácido transportado por el ARNt al aminoácido anterior en la cadena polipeptídica. Este proceso se repite secuencialmente a medida que el ribosoma avanza a lo largo del ARNm. La cadena polipeptídica crece en longitud con la adición de cada nuevo aminoácido. La traducción continúa hasta que el ribosoma alcanza uno de los codones de terminación (UAA, UAG o UGA) en el ARNm. En este punto, no se agrega ningún aminoácido adicional a la cadena polipeptídica, y la proteína se considera completa. Una vez completada la síntesis de la proteína, esta puede experimentar procesos de plegamiento y modificación en el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi para adquirir su estructura y función tridimensional final.

- 3.- Código genético:** Conjunto de reglas que especifica cómo la información genética contenida en el ARN mensajero (ARNm) se traduce en secuencias de aminoácidos durante el proceso de síntesis de proteínas. Es un sistema universal que es compartido por todos los seres vivos y se compone de una serie de codones, que son secuencias de tres bases nucleotídicas en el ARNm. Cada codón en el ARNm codifica para un aminoácido específico o para señales de inicio o terminación de la síntesis de proteínas. Hay que recordar que el código genético es degenerado, lo que significa que varios codones pueden codificar para el mismo aminoácido. Esto se debe a que hay más codones (64) que aminoácidos (20), lo que proporciona redundancia y flexibilidad al sistema. Algo muy relevante es que el código genético es universal, lo que significa que es el mismo en todos los seres vivos. Esto permite que los genes de una especie se expresen

en otra si se siguen las reglas del código genético. Comprender el código genético es fundamental para la biología molecular y la genética, ya que permite la interpretación de la información contenida en los genes y la síntesis de proteínas específicas con funciones específicas en los organismos.

- 4.- ARN:** El ácido ribonucleico, es una molécula esencial en la biología celular que cumple múltiples funciones relacionadas con la expresión génica y la transferencia de información genética. El ARN es una molécula similar al ADN, pero con algunas diferencias clave en su estructura y funciones. El ARN está compuesto por una cadena de ribonucleótidos, que son unidades estructurales que consisten en un azúcar de ribosa, un grupo fosfato y una base nitrogenada. Las bases nitrogenadas en el ARN incluyen adenina (A), uracilo (U), citosina (C) y guanina (G). A diferencia del ADN, el ARN contiene uracilo en lugar de timina como una de sus bases. La función principal del ARN es transmitir la información genética contenida en el ADN y utilizarla para sintetizar proteínas específicas en un proceso llamado traducción. Durante la transcripción, el ARN mensajero (ARNm) se produce a partir de una hebra de ADN y luego se traduce en una secuencia de aminoácidos para formar una proteína. Además del ARNm, existen otros tipos de ARN con funciones específicas en la célula. Estos incluyen el ARN ribosómico (ARNr), que forma parte de los ribosomas y facilita la síntesis de proteínas, y el ARN de transferencia (ARNt), que transporta aminoácidos al ribosoma durante la traducción. El ARN también desempeña un papel en la regulación de la expresión génica. Los ARN pequeños, como el ARN interferente pequeño (siARN) y el ARN pequeño de interferencia (siARN), pueden regular la actividad de genes específicos al unirse a ARNm y suprimir o aumentar su traducción. El ARN también desempeña un papel en el transporte de información genética entre el núcleo y el citoplasma de la célula en eucariotas, facilitando la exportación de ARN desde el núcleo y su traducción en el citoplasma.
- 5.- Transferencia de genes:** La transferencia de genes se refiere al proceso mediante el cual los genes de resistencia a antibióticos presentes en una bacteria pueden ser transferidos a otras bacterias, lo que puede conducir al desarrollo y propagación de la RAM. Este proceso puede ocurrir a través de varios mecanismos, como la conjugación, la transducción y la transformación, y permite que las bacterias adquieran nuevas capacidades de resistencia a antibióticos. El efecto de la transferencia de genes en la RAM es que contribuye significativamente a la diseminación de la resistencia a los antibióticos entre diferentes cepas y especies bacterianas. Cuando un gen de resistencia a antibióticos se transfiere a una bacteria previamente susceptible, esta última se vuelve resistente al antibiótico en cuestión. Como resultado, la transferencia de genes juega un papel importante en la propagación de la RAM, lo que hace que sea crucial abordar y controlar estos mecanismos de transferencia para combatir eficazmente la resistencia a los antibióticos en entornos clínicos y ambientales.
- 6.- Síntesis de proteínas:** La síntesis de proteínas es el proceso biológico mediante el cual las células construyen proteínas específicas a partir de las instrucciones codificadas en el ARN mensajero (ARNm). Este proceso ocurre en el citoplasma celular y es esencial para el funcionamiento y la estructura de los organismos vivos. La síntesis de proteínas comprende dos etapas, i) transcripción: en esta etapa, la información genética contenida

en el ADN se transcribe en una molécula de ARNm. La ARN polimerasa copia la secuencia de ADN de un gen específico y produce una molécula de ARNm complementaria que contiene el mensaje genético. Durante la transcripción, se utiliza el código genético para determinar qué aminoácidos se ensamblarán en la proteína. Y ii) transcripción: en esta etapa, la información genética contenida en el ADN se transcribe en una molécula de ARNm. La ARN polimerasa copia la secuencia de ADN de un gen específico y produce una molécula de ARNm complementaria que contiene el mensaje genético. Durante la transcripción, se utiliza el código genético para determinar qué aminoácidos se ensamblarán en la proteína. La RAM puede influir en la síntesis de proteínas bacterianas al modificar genes, proteínas o procesos celulares relacionados con la resistencia a los antibióticos. Esto puede resultar en una reducción de la efectividad de los antibióticos y en la capacidad de las bacterias para sobrevivir y multiplicarse incluso en presencia de estos medicamentos. Por lo tanto, comprender cómo las bacterias desarrollan resistencia a los antibióticos es crucial para el desarrollo y el uso efectivo de nuevos agentes antimicrobianos y estrategias para combatir la RAM.

- 7.- Estructura de material genético:** La estructura de material genético en el contexto de la RAM se refiere a la organización y la composición del material genético (ADN o ARN) de las bacterias que han desarrollado resistencia a múltiples antibióticos. Este concepto es importante, porque los cambios en la estructura genética de las bacterias, a menudo, son responsables de su capacidad para resistir la acción de múltiples antibióticos. La estructura de material genético en RAM es dinámica y puede cambiar con el tiempo, a medida que las bacterias adquieren nuevas características de resistencia. Estos cambios genéticos pueden ser responsables de la capacidad de las bacterias para resistir múltiples clases de antibióticos, lo que presenta un desafío significativo en el tratamiento de infecciones bacterianas resistentes a los medicamentos. Por lo tanto, comprender la estructura genética de las bacterias resistentes y los mecanismos de transferencia genética es esencial para abordar eficazmente la RAM y desarrollar estrategias terapéuticas adecuadas.
- 8.- Gen:** Es una unidad de información genética que contiene las instrucciones necesarias para la síntesis de una molécula específica llamada ARN mensajero (ARNm) y, a través de este, para la producción de una proteína particular o el desempeño de una función específica en una célula o un organismo. Los genes son la base de la herencia y la variabilidad biológica, y juegan un papel fundamental en la determinación de las características y funciones de un organismo. Los genes están compuestos por segmentos de ADN (ácido desoxirribonucleico) y se ubican en los cromosomas del núcleo celular en organismos eucariotas. En el ADN, los genes están formados por secuencias de nucleótidos que representan el código genético. Este código especifica la secuencia de aminoácidos que formarán una proteína particular durante el proceso de síntesis de proteínas. La relación de este concepto con la RAM radica en el hecho de que los genes juegan un papel fundamental en la determinación de la resistencia o susceptibilidad de las bacterias a los antibióticos. La RAM se desarrolla cuando las bacterias adquieren genes específicos o mutaciones que les permiten resistir la acción de uno o varios antibióticos. En el contexto de la RAM, existen genes de resistencia a antibióticos que codifican para proteínas o enzimas que inactivan o modifican los antibióticos. Por ejemplo, las bacterias pueden

adquirir genes de resistencia que producen  $\beta$ -lactamasas, enzimas que descomponen los antibióticos  $\beta$ -lactámicos como las penicilinas, haciéndolos ineficaces. Estos genes de resistencia pueden encontrarse en plásmidos u otros elementos genéticos móviles y pueden transmitirse entre bacterias. Además, las bacterias también pueden desarrollar resistencia a antibióticos mediante mutaciones en sus genes. Por ejemplo, una mutación en el gen que codifica para la proteína de unión a un antibiótico puede reducir la capacidad de ese antibiótico para unirse a su objetivo, lo que confiere resistencia. Por otro lado, las bacterias pueden intercambiar genes de resistencia entre sí a través de procesos como la conjugación, la transducción y la transformación. Esto permite que los genes de resistencia se propaguen rápidamente en poblaciones bacterianas y entre diferentes especies bacterianas. Por último, la presión selectiva ejercida por el uso indebido o excesivo de antibióticos en entornos clínicos e industriales favorece la supervivencia de bacterias resistentes. Estas bacterias pueden tener una ventaja de supervivencia y proliferación en presencia de antibióticos, lo que lleva al desarrollo y propagación de la RAM.

## OAS

### Ciencias de la salud

NM4\_ Cs de la salud: evaluar cómo el desarrollo científico y tecnológico, a través de innovaciones en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología, entre otras, influyen en la calidad de vida de las personas.

### Experiencia de aprendizaje 5:

Ciencia y tecnología en beneficio de las personas.

### **Relación con la cuarta gran idea de la ciencia:**

La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivos y extintos.

La evolución de la resistencia a los antimicrobianos es un problema multifacético en el que influyen numerosos factores sociales, ambientales y de educación en salud. Este creciente problema ha impactado significativamente el bienestar del ser humano y está impactando sustancialmente el sistema económico a escala global.

El proceso natural de resistencia a los antimicrobianos ha existido dentro de los microbios durante muchos años. Sumado a esto, la evidencia ha sugerido que los elementos de resistencia identificados en el ADN bacteriano se remontan a miles de años. Incluso antes de la introducción de los primeros antibióticos en tratamientos en la población humana, se identificó la resistencia a través de la acción de una enzima denominada penicilinasas bacterianas. Eso indica que

los microorganismos, probablemente, tienen una propensión intrínseca a la resistencia almacenada dentro de su genoma. Sabemos que la aparición de resistencia a la penicilina ocurrió dentro de los 2 años posteriores a la introducción del antibiótico.

Esto demuestra que el surgimiento de la resistencia a los antimicrobianos es, en parte, el resultado de un proceso evolutivo de adaptación microbiana y selección natural. La presión selectiva observada por el uso no controlado de antimicrobianos en la población humana crea un ambiente propicio para que el resto de los microorganismos del microbioma humano desarrollen resistencia a través de mecanismos adaptativos tales como mutaciones dentro del genoma, o a través de la selección de microorganismos naturalmente resistentes dentro de una población susceptible. Este proceso puede acelerarse potencialmente con el uso excesivo e inadecuado de antimicrobianos.

Aunque el proceso de selección natural y adaptación microbiana es mucho más complejo, esta situación plantea la cuestión intrínseca de la aparición de resistencia antimicrobiana.

Actualmente, el desarrollo de nuevos antibióticos para combatir a los microorganismos multirresistentes a los antibióticos conocidos es un gran desafío para las farmacéuticas y científicos del área. Los nuevos antibióticos están reservados para infecciones que los antibióticos estándar no pueden tratar. Estos

factores han hecho que la inversión en el desarrollo de antibióticos sea demasiado riesgosa, con un alto costo y poco potencial de ganancias.

En este objetivo el docente debe guiar al estudiante a que realice una revisión de referencias para describir los diversos factores que han contribuido a la evolución actual de la resistencia a los antimicrobianos y evaluar posibles estrategias de mitigación mediante desarrollos biotecnológicos.

### **Los conceptos claves a considerar:**

- 1.- **Evolución:** Proceso biológico que describe los cambios en las características genéticas y las poblaciones de organismos a lo largo del tiempo. Es el mecanismo central que explica cómo las especies cambian, se diversifican y se adaptan a su entorno con el transcurso de las generaciones. La evolución se basa en la idea de que las poblaciones de organismos experimentan mutaciones aleatorias en su ADN, que pueden resultar en nuevas características o variaciones genéticas. Estas variaciones pueden ser heredadas y, si proporcionan una ventaja adaptativa en el entorno en el que vive un organismo, pueden aumentar en frecuencia a lo largo del tiempo. La selección natural es uno de los conceptos clave de la evolución y se refiere al proceso mediante el cual las características beneficiosas tienen más posibilidades de transmitirse a la descendencia, mientras que las desventajosas tienden a desaparecer. La evolución es un principio fundamental en la biología y proporciona la base para nuestra comprensión de la diversidad de la vida en la Tierra y cómo las especies están relacionadas entre sí. La evolución es un proceso biológico fundamental que opera constantemente en las poblaciones de bacterias y otros microorganismos.

**a.** En el contexto de la RAM, la evolución cobra relevancia ya que las bacterias tienen la capacidad de desarrollar resistencia a los antibióticos a lo largo del tiempo. Esto se debe a que las mutaciones genéticas aleatorias pueden generar variantes bacterianas con resistencia a un antibiótico particular. Cuando un antibiótico se utiliza, las bacterias sensibles son eliminadas, pero las resistentes sobreviven y se reproducen, transmitiendo sus características resistentes a las generaciones futuras. Con el tiempo, esto puede llevar al desarrollo de cepas bacterianas resistentes a múltiples antibióticos, lo que representa una seria amenaza para la salud humana y destaca la importancia de abordar la evolución en la lucha contra la RAM. Para combatir eficazmente la RAM, es fundamental comprender cómo la evolución de las bacterias se relaciona con la adquisición y la propagación de genes de resistencia.

Esto implica la implementación de estrategias de uso responsable de antibióticos, la investigación de nuevos medicamentos antimicrobianos y el monitoreo constante de las tendencias de resistencia bacteriana para anticipar y responder a los desafíos emergentes. La evolución es una

realidad biológica que debe ser considerada en todas las estrategias para abordar la RAM, con el objetivo de preservar la eficacia de los antibióticos y garantizar la salud pública a largo plazo.

- 2.- **Diversidad:** Variedad y la abundancia de formas de vida en un ecosistema, región o en todo el planeta Tierra. Esta diversidad engloba todos los seres vivos, desde microorganismos invisibles a simple vista hasta plantas, animales y seres humanos. En el contexto de la enseñanza de la resistencia microbiana a antibióticos, comprender la diversidad biológica es crucial, ya que esta resistencia puede variar entre diferentes especies de microorganismos e incluso, dentro de una misma especie. La diversidad biológica microbiana contribuye a la complejidad de los problemas relacionados con la resistencia a los antibióticos y resalta la importancia de abordar este tema desde una perspectiva holística.
- 3.- **Biología:** Campo multidisciplinario que utiliza organismos vivos, sistemas biológicos o derivados de estos para desarrollar o crear productos, procesos y tecnologías que tienen aplicaciones en diversas áreas, como la medicina, la agricultura, la industria y la investigación científica. La biología aprovecha el conocimiento de la biología molecular, la genética, la microbiología y otras disciplinas relacionadas para diseñar soluciones innovadoras. Algunos ejemplos incluyen la producción de medicamentos a partir de microorganismos modificados genéticamente, la ingeniería de plantas para aumentar su resistencia a plagas o la utilización de enzimas producidas por bacterias para acelerar procesos industriales. La biología tiene un impacto significativo en la mejora de la salud humana, la producción de alimentos, la conservación del medio ambiente y el avance de la ciencia, y continúa siendo un campo en rápido crecimiento y evolución.
- 4.- **Biología molecular:** Rama de la biología que se enfoca en el estudio de los procesos biológicos a nivel molecular, es decir, en la comprensión de las interacciones y los mecanismos que ocurren a nivel de las moléculas biológicas, como el ADN, el ARN y las proteínas. Esta disciplina investiga cómo se almacena, se replica y se expresa la información genética, y cómo se regulan los procesos celulares y metabólicos a nivel molecular. La biología molecular utiliza técnicas y herramientas avanzadas para investigar la estructura y la función de las moléculas biológicas, así como para comprender cómo se transmiten las características hereditarias de una generación a otra. Entre sus áreas de estudio se incluyen la genética molecular, la genómica, la expresión génica, la recombinación del ADN y la biología celular. La biología molecular tiene aplicaciones en una amplia gama de campos, desde la medicina y la biotecnología hasta la investigación básica en biología, y ha revolucionado nuestra comprensión de la vida a nivel molecular.
- 5.- **Bioinformática:** Disciplina interdisciplinaria que combina la biología, la informática y las matemáticas para el análisis y la interpretación de datos biológicos a gran escala. Su objetivo principal es el desarrollo de métodos, herramientas y técnicas computacionales para la recopilación, almacenamiento, procesamiento y visualización de información biológica, especialmente datos genómicos y proteómicos. La bioinformática desempeña un papel fundamental en la genómica, la proteómica y otros campos de la biología molecular al

permitir la identificación de genes, la comparación de secuencias genéticas, la predicción de estructuras de proteínas, el análisis de expresión génica y la reconstrucción de vías metabólicas, entre otros procesos. También es esencial en la investigación médica, la biotecnología y la medicina personalizada. La bioinformática facilita la gestión y la interpretación de datos biológicos complejos y contribuye significativamente al avance de la biología y la medicina modernas.

- 6.- Enfermedad:** Alteración o desviación del estado de salud normal de un organismo -persona, animal o planta-, que se manifiesta a través de una serie de síntomas y signos. Estas alteraciones pueden ser causadas por diversos factores, como infecciones por microorganismos (bacterias, virus, hongos, etc.), desequilibrios genéticos, factores ambientales, trastornos metabólicos, lesiones físicas u otros agentes patógenos. Las enfermedades pueden variar en gravedad desde afecciones leves y autolimitadas hasta enfermedades graves y crónicas que pueden poner en peligro la vida. Los síntomas de una enfermedad pueden incluir dolor, fiebre, fatiga, debilidad, anomalías en la función de un órgano o sistema, y otros signos que indican una alteración en el funcionamiento normal del organismo. El diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades son áreas fundamentales de la medicina y la salud pública, con el objetivo de restaurar la salud y el bienestar de los individuos afectados.
- 7.- Tratamiento:** Conjunto de intervenciones médicas o terapéuticas diseñadas para abordar y gestionar una enfermedad, lesión o afección médica con el objetivo de aliviar los síntomas, prevenir complicaciones, promover la recuperación y mejorar la calidad de vida de un paciente. Los tratamientos pueden variar ampliamente dependiendo de la naturaleza y la gravedad de la afección, así como de la disponibilidad de opciones terapéuticas. La relación entre el tratamiento y la RAM radica en la forma en que el uso inadecuado de antibióticos contribuye al desarrollo de la resistencia bacteriana. Cuando los antibióticos se utilizan de manera incorrecta, como dosis insuficientes, interrupción prematura del tratamiento o su uso para infecciones virales, se crea un ambiente propicio para la selección de bacterias resistentes. Las bacterias que sobreviven tienen una ventaja selectiva y pueden transmitir su resistencia a otros microorganismos. Por lo tanto, el uso prudente de antibióticos, la prescripción adecuada por parte de profesionales de la salud y la conciencia pública sobre el tema son cruciales para contener la RAM. Además, el desarrollo de nuevos antibióticos y la vigilancia constante de la resistencia son componentes clave en la lucha contra este desafío de salud pública en constante evolución.

### 2.3 Evaluación para el aprendizaje

Como se señala en un documento sobre evaluación formativa en el aula (MINEDUC 2017)<sup>6</sup> se entiende por evaluación en aula (o “de aula”) una amplia gama de acciones lideradas por el profesorado, para que tanto ellos como sus estudiantes, puedan obtener evidencia sobre el aprendizaje e interpretarla para tomar decisiones que permitan promover el progreso del mismo y fortalecer los procesos de enseñanza.

- Por **“aula”** se entenderá cualquier espacio de aprendizaje en el que hay interacción entre docente y estudiantes, por lo tanto, no se refiere solo a la sala de clases.
- Por **“evidencia”** se entiende aquello que los y las estudiantes escriben, dicen, hacen y crean para mostrar su aprendizaje.
- **“Interpretar”** se entiende en este contexto como una inferencia que derive en un juicio evaluativo sobre el aprendizaje, juicio construido a partir de la evidencia del desempeño de los estudiantes en relación con los objetivos de aprendizaje.

La evaluación otorga posibilidades para fortalecer y consolidar los aprendizajes esperados, el logro de los objetivos o propósitos en cualquier campo disciplinar. La evaluación permite evidenciar cuáles son las necesidades que surgen durante el proceso de enseñanza aprendizaje y que deben ser atendidas oportunamente. En este sentido es que la búsqueda y selección de estrategias e instrumentos de evaluación adecuados, que incluyan y permitan a todas y todos los estudiantes poder demostrar y expresar sus aprendizajes, lo cual es fundamental para lograr que una instancia tan fundamental esté incorporada de forma armónica en el proceso.

Para la evaluación se toma en consideración el aprendizaje de las ciencias basado en el uso de

problemas (Campanario et al. 1999, 182, citado por Calderón, 2011)<sup>7</sup>. El objeto de este es considerar el uso de problemas en el cual el aprendizaje sea considerado como una construcción social que incluye conjeturas, pruebas y refutaciones con base en un proceso creativo y generativo. La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas (Coronel y Curotto, 2008: 464)<sup>8</sup>.

#### **La evaluación formativa y el DUA en el desarrollo del módulo**

Durante el desarrollo de este módulo se propone que la evaluación de los aprendizajes se realice durante todo el proceso de enseñanza y aprendizaje, de manera de tomar decisiones, generar y recoger evidencia de forma sistemática y planificada. Con el objeto de obtener los logros y/o información relevante de los aprendizajes de los estudiantes. Para lo anterior se propone que el docente evalúe con instrumentos que permitan hacer un seguimiento de las actividades correspondientes en cada experiencia de aprendizaje. Entre los instrumentos para hacer seguimiento y evaluar de forma clara, coherente y transparente a los estudiantes se propone:

- **Planilla de seguimiento:** Permite llevar un registro permanente del desempeño del alumno durante el proceso de enseñanza aprendizaje. Se puede utilizar para una clase, el desarrollo de una experiencia de aprendizaje, una unidad y/o durante todo el proceso.
- **Rúbrica analítica:** La matriz analítica, conocida también como rúbrica criterial- describe una gradación de la calidad de los desempeños del estudiante frente a cada uno de los criterios con los que se pretende evaluar un objetivo, una

<sup>6</sup> *Evaluación formativa en el aula para docentes* (2017) Unidad de Currículum y Evaluación, Ministerio de Educación ISBN: 9789562926942

<sup>7</sup> Calderón Polanía, Yeny. (2011). *Aprendizaje basado en problemas: una perspectiva didáctica para la formación de actitud científica desde la enseñanza de las ciencias naturales. Tesis de maestría.* Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de la Amazonía.

<sup>8</sup> Coronel, María del Valle.; Curotto, María Margarita. (2008). *La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje.* En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, N° 2. Pág. 463-479.

competencia o un contenido, en el marco de una tarea que se lleve a cabo en un proceso de aprendizaje.

Las estrategias para dar respuesta a la diversidad en el aula deben considerar la evaluación diagnóstica de aprendizaje del curso, la cual se realiza al inicio del año escolar, y proporciona información relevante al docente respecto del progreso, estilo y ritmo de aprendizaje de todos los estudiantes de un curso y de cada uno en particular (Diversificación de la enseñanza decreto 83, 2015). Como propuesta inicial se plantea el diseño y aplicación de una evaluación diagnóstica que considere el desarrollo de habilidades y contenidos generales para reconocer el nivel de apropiación de las temáticas

de la RAM que serán abordadas en el presente módulo. Tomando en consideración los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), las experiencias de aprendizaje fueron diseñadas de acuerdo con diversas estrategias, por lo cual el docente puede presentar a sus estudiantes variadas alternativas de presentación, representación, expresión, ejecución, participación y compromiso, permitiendo así que estos demuestren sus aprendizajes por medio de múltiples formas, lo que favorece la evaluación diversificada.

De acuerdo a lo señalado, se presentan indicadores de evaluación sugeridos para cada experiencia de aprendizaje, los cuales sirven como una orientación para que el docente diseñe instrumentos evaluativos, según las características de su grupo curso.

### **Indicadores de evaluación:**

<p><b>Experiencia 1:</b> manipulación genética de los alimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debaten respecto de la manipulación genética de los alimentos, sus implicancias y consecuencias para el desarrollo de la vida en la Tierra.</li> <li>• Analizan las consecuencias para la salud humana del uso indiscriminado de antibióticos a partir de evidencias documentadas.</li> </ul>
<p><b>Experiencia 2:</b> influencia humana en el surgimiento de enfermedades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explican cómo las acciones humanas influyen en la propagación de microorganismos causantes de enfermedades.</li> <li>• Organizan información de las causas de la resistencia antimicrobiana y sus consecuencias para la salud humana, mediante el uso de estructura de ensayo científico.</li> </ul>
<p><b>Experiencia 3:</b> medios de dispersión de microorganismos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparan genomas de diversos organismos por medio del uso de base de datos de genoma.</li> <li>• Explican la difusión de patologías por medio de la comparación de genomas y su interacción con el medio ambiente.</li> </ul>
<p><b>Experiencia 4:</b> el ADN y resistencia bacteriana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionan el flujo de ADN con la resistencia antimicrobiana a partir del análisis de información.</li> <li>• Explican las causas que permiten a las bacterias hacerse resistentes a los antibióticos, utilizando diagramas.</li> </ul>
<p><b>Experiencia 5:</b> ciencia y tecnología en beneficio de las personas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizan documento sobre las consecuencias y beneficios para la población del avance científico y tecnológico.</li> <li>• Investigan el avance científico y tecnológico a través de innovaciones de la biotecnología.</li> </ul>



### 3. *Estrategias didácticas*

---

Las estrategias didácticas para la enseñanza favorecen el desarrollo del pensamiento científico; de acuerdo con Koerber y Osterhaus (2019)<sup>9</sup> el pensamiento científico es un proceso acumulativo de búsqueda intencional del contenido. Las estrategias que utilizarán en el desarrollo del módulo Resistencia antimicrobiana están en coherencia con la indagación científica en el aula. Al inicio del módulo se plantea una pregunta problematizadora que se responderá a través de las actividades planteadas. Las estrategias didácticas que se desarrollan serán las siguientes:

**Indagación científica:** Puede definirse como una estrategia de enseñanza centrada en el estudiante; Windschitl (2003)<sup>10</sup> postula que la indagación científica en el aula se constituye en una alternativa innovadora para enseñar ciencias en la escuela, puesto que este enfoque genera genuinas oportunidades para que los estudiantes puedan hacerse preguntas acerca de diversos fenómenos naturales, realizar predicciones a partir de observaciones, entre otros, es decir, nos propone una forma de abordar la enseñanza de las ciencias, especialmente en la educación primaria, en que el niño se posiciona de forma tal que es exhortado a utilizar saberes para participar, como agente activo, de la construcción y reconstrucción del conocimiento científico.

**Argumentación científica:** Favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la reflexión y la gestión del propio conocimiento. La argumentación es considerada (Christenson et al., 2012, citado por Espinoza, F. 2020)<sup>11</sup> como una habilidad para expresar criterios de manera empírica, racional, crítica e independiente.

**Problemas sociocientíficos:** Son situaciones que provocan debate, nacen de una problemática social, por lo que son dinámicos. Son multidisciplinarios, por lo que se requiere de conceptos científicos, ambientales,

sociales. Según Jiménez, A. (2010, citado por Díaz, N. 2011) son dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas, pero que además se relacionan con otros campos: sociales, éticos, políticos y ambientales

**Aprendizaje basado en problemas:** Método de enseñanza que utiliza problemas complejos del mundo real para favorecer el aprendizaje de conceptos y principios. Promueve el pensamiento crítico, habilidades de comunicación, empatía y gestión de las emociones.

<sup>9</sup> Koerber, S. y Osterhaus, C. (2019). Diferencias individuales en el pensamiento científico temprano: evaluación, influencias cognitivas y su relevancia para el aprendizaje de las ciencias. *Revista de Cognición y desarrollo*, 20(4), 510-533.

<sup>10</sup> Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.

<sup>11</sup> Espinoza Freire, E. E. (2020). La argumentación científica una herramienta didáctica. *Uniamdes Episteme*, 8(1), 106-121.



## *4. Orientaciones para docentes*

---

## 4.1 Marco curricular

### Experiencia de aprendizaje N°1: Manipulación genética de los alimentos

**Objetivo de la experiencia 1:** Investigar y debatir sobre los efectos de la manipulación genética de los alimentos para la sociedad.

Nivel Educativo	Objetivo de Aprendizaje (OA)	Contenidos	Habilidades	Actitudes	Conocimientos previos requeridos
2° medio Biología	OA8: Investigar y explicar las aplicaciones que han surgido a raíz de la manipulación genética para generar alimentos, detergentes, vestuario, fármacos u otros, y evaluar sus implicancias éticas y sociales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material genético</li> <li>Producción recombinante de proteínas</li> <li>Alimentos modificados genéticamente</li> </ul>	<p>Organizar datos cuantitativos y/o cualitativos con precisión, fundamentando su confiabilidad, y presentarlos en tablas, gráficos, modelos u otras representaciones, con la ayuda de las TIC.</p> <p>Explicar y argumentar con evidencias provenientes de investigaciones científicas, en forma oral y escrita, incluyendo tablas, gráficos, modelos y TIC.</p>	<p>Mostrar curiosidad, creatividad e interés por conocer y comprender los fenómenos del entorno natural y tecnológico, disfrutando del crecimiento intelectual que genera el conocimiento científico y valorando su importancia para el desarrollo de la sociedad.</p> <p>Usar de manera responsable y efectiva las tecnologías de la comunicación para favorecer las explicaciones científicas y el procesamiento de evidencias, dando crédito al trabajo de otros y respetando la propiedad y la privacidad de las personas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describir la organización y funcionamiento del núcleo celular.</li> <li>Comprender la organización del material genético (ADN) y cómo esta información se expresa para manifestar la vida.</li> <li>Explicar las diferencias entre fenotipo, genotipo y la influencia del ambiente en ellos.</li> </ul>

#### Transversalidad con asignatura de Lenguaje

**LE2M OA 11:** Leer y comprender textos no literarios para contextualizar y complementar las lecturas literarias realizadas en clases.

**LE2M OA 13:** Escribir, con el propósito de explicar un tema, textos de diversos géneros (por ejemplo, artículos, informes, reportajes, etc.).

**Experiencia de aprendizaje N°2:** Influencia humana en el surgimiento de enfermedades

**Objetivo de la clase:** Explicar cómo las acciones humanas influyen en la resistencia y propagación de microorganismos causantes de enfermedades.

Nivel Educativo	Objetivo de Aprendizaje (OA)	Contenidos	Habilidades	Actitudes	Conocimientos previos requeridos
3° y 4° medio Plan común Bienestar y salud	OA1: Analizar, sobre la base de la investigación, factores biológicos, ambientales y sociales que influyen en la salud humana (como la nutrición, consumo de alimentos transgénicos, la actividad física, el estrés, el consumo de alcohol y drogas, y la exposición a rayos UV, plaguicidas, patógenos y elementos contaminantes, entre otros).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisiología humana.</li> <li>• Factores físico-químicos ambientales.</li> <li>• Alcoholismo.</li> <li>• Compuestos tóxicos.</li> <li>• Evaluación de la salud humana.</li> </ul>	<p>Planificar y conducir una investigación.</p> <p>Analizar e interpretar datos.</p> <p>Construir explicaciones y diseñar soluciones.</p>	<p>Perseverar en torno a metas con miras a la construcción de proyectos de vida y al aporte a la sociedad y al país, con autoterminación, autoconfianza y respeto por sí mismo y por los demás.</p> <p>Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar la relación entre genoma y ambiente y cómo esta determina patologías y condiciones de la salud humana.</li> </ul>

**Transversalidad con asignatura de Lenguaje**

**LE OA6\_NM3\_NM4:** Producir textos y otras producciones que den cuenta de sus reflexiones sobre sí mismos y sobre diversas temáticas del mundo del ser humano, surgidas de las interpretaciones de las obras leídas, de sus trayectorias de lectura personales y de los criterios de selección para estas.

**Transversalidad con asignatura de Arte**

**OA 3 NM3\_NM4:** OA 3 NM3\_NM4: Diseñar y gestionar presentaciones a públicos específicos para comunicar propósitos, aspectos del proceso y resultados de obras y trabajos, empleando materiales, herramientas y tecnologías tradicionales y emergentes.

<b>Experiencia de aprendizaje N°3: Medios de dispersión de microorganismos</b>					
<b>Objetivo:</b> Explicar el surgimiento de patologías a partir de la comparación de genomas					
<b>Nivel Educativo</b>	<b>Objetivo de Aprendizaje (OA)</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Habilidades</b>	<b>Actitudes</b>	<b>Conocimientos previos requeridos</b>
3° y 4° medio Ciencias de la salud	OA2: Explicar cómo la interacción entre genoma y ambiente determina patologías y condiciones de la salud humana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genes</li> <li>• Genoma</li> <li>• Expresión y regulación de genes</li> <li>• Epigenética</li> <li>• Mutagénicos</li> </ul>	Explicar cómo la interacción entre genoma y ambiente determina patologías y condiciones de la salud humana.	Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender la organización del material genético (ADN) y cómo esta información se expresa para manifestar la vida.</li> <li>• Comprender el efecto de los diferentes factores ambientales sobre la salud humana mediante la interacción en la regulación genética.</li> </ul>
<b>Transversalidad con asignatura de Lenguaje</b>					
<b>LE OA 4 NM3_NM4:</b> Revisar y reescribir sus propias producciones (escritas, orales o audiovisuales) a la luz de los comentarios, críticas y sugerencias de sus pares, para enriquecer su producción creativa.					
<b>Transversalidad con asignatura de Matemática</b>					
<b>MAT OA 1 NM3_NM4:</b> Argumentar y comunicar decisiones a partir del análisis crítico de información presente en histogramas, polígonos de frecuencia, frecuencia acumulada, diagramas de cajón y nube de puntos, incluyendo el uso de herramientas digitales.					

**Experiencia de aprendizaje N°4:** El ADN y resistencia bacteriana**Objetivo:** Analizar el flujo de información genética, desde ADN, proteínas y su función en la resistencia antimicrobiana

Nivel Educativo	Objetivo de Aprendizaje (OA)	Contenidos	Habilidades	Actitudes	Conocimientos previos requeridos
3° y 4° medio Biología celular y molecular	OA3: Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación con el flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dogma central de la biología molecular: ADN, ARN.</li> <li>• Proteínas</li> </ul>	Construir, usar y comunicar argumentos científicos. Analizar las relaciones entre las partes de un sistema en fenómenos y problemas de interés, a partir de tablas, gráficos, diagramas y modelos.	Trabajar colaborativamente en la generación, desarrollo y gestión de proyectos y la resolución de problemas, integrando las diferentes ideas y puntos de vista.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender la organización del material genético (ADN) y cómo esta información se expresa para manifestar la vida.</li> </ul>

**Transversalidad con asignatura de Historia****HIST. OA 3\_NM3\_NM4:** Elaborar preguntas y explicaciones históricas a partir de problemas o tópicos del presente en el contexto local y nacional, considerando categorías y metodologías propias de la disciplina.

**Experiencia de aprendizaje N°5:** Experiencia de aprendizaje N°5: Ciencia y tecnología en beneficio de las personas.

**Objetivo:** Evaluar el desarrollo científico y tecnológico en el desarrollo de innovaciones en biotecnología y cómo estas impactan en la calidad de vida de las personas.

Nivel Educativo	Objetivo de Aprendizaje (OA)	Contenidos	Habilidades	Actitudes	Conocimientos previos requeridos
3° y 4° medio Biología celular y molecular	OA4: Evaluar cómo el desarrollo científico y tecnológico, a través de innovaciones en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología, entre otras, influyen en la calidad de vida de las personas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avances tecnológicos en medicina.</li> <li>Desarrollo de vacunas.</li> <li>Importancia de la biotecnología en la salud.</li> </ul>	Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones. Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.	Analizar críticamente implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología. Trabajar con responsabilidad y liderazgo en la realización de las tareas colaborativas y en función del logro de metas comunes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Argumentar sobre la influencia del desarrollo científico y tecnológico, a través de innovaciones en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología, entre otras, en la calidad de vida de las personas.</li> </ul>

#### Transversalidad con la asignatura de Historia

**HIST. OA 4 OA 3\_NM3\_NM4:** Proponer iniciativas que contribuyan al mejoramiento de la sociedad en la que viven, considerando antecedentes y fundamentos históricos en el marco de una sociedad democrática e inclusiva.

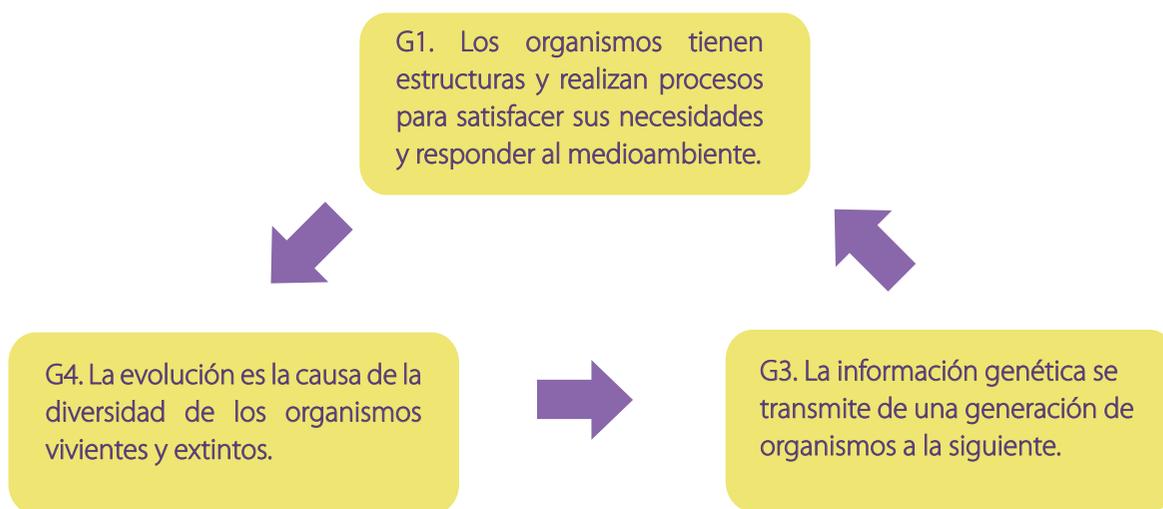
## 4.2 Grandes ideas de las ciencias y sobre las ciencias

En las bases curriculares y como propuesta para el trabajo en la asignatura de ciencias naturales, se incorporan las grandes ideas que resumen o sintetizan un campo del saber científico y, en conjunto, abarcan los conocimientos existentes.

Para el proceso de enseñanza y aprendizaje, considerar las grandes ideas puede ser clave en las fases de organización y planificación de las clases, a partir de los Objetivos de Aprendizaje que forman parte de cada unidad de aprendizaje. Las grandes ideas están presentes en todos los Programas de Estudio de las asignaturas que forman parte de la línea disciplinar de Ciencias Naturales. A partir de las grandes ideas,

se espera lograr una consolidación del aprendizaje a medida que los estudiantes avanzan en sus niveles escolares. (Bases curriculares 7° a 2° medio MINEDUC, 2015).

A continuación, se presentan las grandes ideas de la ciencia (GIC) relacionadas con las experiencias de aprendizaje propuestas en el módulo de Resistencia antimicrobiana. Se establece una progresión a partir del logro de aprendizajes que se espera que los estudiantes alcancen a medida que se avanza en el nivel de complejidad de los contenidos, en el desarrollo de habilidades y actitudes científicas.



Para el desarrollo del módulo, las grandes ideas presentadas en el esquema se trabajarán de acuerdo con las temáticas dispuestas en los objetivos de aprendizaje. Se espera que, a partir de los saberes previos y la realización de las experiencias de aprendizaje propuestas, los estudiantes logren la profundización esperada para cada temática abordada. A continuación, se describe la progresión conceptual para cada gran idea.

GIC1: se espera que los estudiantes logren comprender que cada célula se separa de su ambiente externo mediante una membrana, la que regula el ingreso y

salida de agua y diferentes moléculas que regulan su ambiente intracelular. Muchas medicinas, entre ellos los antimicrobianos actúan acelerando o desacelerando los mecanismos reguladores del transporte de sustancias en la membrana o inhibiendo la acción de catalizadores biológicos (enzimas).

GIC3: se espera que los estudiantes logren comprender que la secuencia general de todo el ADN de un organismo se conoce como su genoma. A través del mapeo de los genomas de diferentes tipos de organismos cada vez se aprende más sobre la información y regulación genética de los organismos. Una vez conocidas las

secuencias de genes, se puede cambiar artificialmente parte del material genético para otorgar nuevas características a los organismos. En la terapia génica se usan técnicas especiales para incorporar genes a las células humanas, y estos mecanismos de manipulación genética están comenzando a contribuir a la cura de algunas enfermedades.

GIC4: se espera que los estudiantes comprendan que la actividad humana puede cambiar el ambiente

más rápidamente de lo que pueden responder los organismos adaptándose. La contaminación del agua, aire y suelo, así como la agricultura intensiva pueden imponer efectos de largo alcance sobre el ambiente, y ya ha provocado cambios dañinos para muchos organismos. La tasa actual de extinción a consecuencia de la actividad humana es cientos de veces superior a la que existiría si no hubiera población humana.

#### 4.2 Grandes ideas de las ciencias y sobre las ciencias

Las actividades para cada nivel se trabajarán en base al Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), el cual corresponde a una estrategia de respuesta a la diversidad, cuyo fin es maximizar las oportunidades de aprendizaje de todos los estudiantes, considerando la amplia gama de habilidades, estilos de aprendizaje y preferencias (Decreto 83, 2015). En este sentido las actividades pedagógicas propuestas en el módulo tienen por objetivo incluir a la totalidad de estudiantes en el desarrollo de cada actividad, con el propósito de que alcancen los aprendizajes deseados.

La diversidad de estrategias utilizadas se fundamentan en los tres principios del DUA: proporcionar múltiples medios de presentación y representación, a través de múltiples formas de acceder al contenido, específicamente por medio de recursos audiovisuales, lecturas científicas e infografías; proporcionar múltiples medios de ejecución y expresión, principio que se evidencia a través de la diversidad de formas en las cuales los estudiantes pueden demostrar sus aprendizajes, por ejemplo, debates, desarrollo de infografías, informes científicos, diseño de afiches y difusión por redes sociales; proporcionar múltiples medios de participación y compromiso; este último principio se desarrolla a partir del trabajo colaborativo intencionado en cada una de las actividades propuestas, además de la contextualización que se le da a cada una de las experiencias a partir de problemas sociocientíficos que permiten acercar al estudiante a situaciones reales y de la contingencia.

Cabe destacar que, para el docente de ciencias, el trabajo colaborativo debe ser clave para desarrollar su

asignatura, puesto que a través de este el individuo aprende más de lo que aprendería por sí solo. En un contexto educativo, constituye un modelo de aprendizaje interactivo, que invita a los estudiantes a construir juntos (Revelo-Sánchez, Collazos-Ordóñez, & Jiménez-Toledo, 2018), respetando las contribuciones individuales. Cuando los estudiantes trabajan juntos equiparan esfuerzos y demuestran sus habilidades con el objeto de lograr una meta común. Lo anterior tiene gran valor en la preparación e implementación de una educación inclusiva, ya que se valora la diversidad, se fomenta la participación, abriendo las puertas a que todos los estudiantes se sientan parte importante de un grupo de trabajo.

El DUA se hace evidente a través de la diversidad de estrategias propuestas en el módulo, las cuales están en completa relación con lo establecido en el Currículo Nacional vigente, según lo dispuesto en los programas de estudio, específicamente lo referido a las unidades y objetivos de aprendizaje que se deben trabajar en 2° medio de Biología, 3° y 4° medio en los electivos de Ciencias de la salud, Biología celular y molecular, y en el plan común Bienestar y salud.

A continuación, se detalla en la siguiente tabla, los principios del DUA y aplicación en el módulo mediante el desarrollo de las experiencias de aprendizaje propuestas.

	Principios	Estrategias en el módulo	Experiencia de aprendizaje
D U A	Proporcionar múltiples medios de presentación y representación.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lecturas científicas</li> <li>2. Recursos audiovisuales</li> <li>3. Infografías</li> </ol>	<p><b>Experiencia de aprendizaje 1:</b> Manipulación genética de los alimentos (videos y lecturas científicas, guía de contenido).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 2:</b> Influencia humana en el surgimiento de enfermedades (link de noticias, guía de contenido y lecturas científicas).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 3:</b> Medios de dispersión de microorganismos (software para analizar genoma humano, guía de contenido, lecturas científicas y noticias).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 4:</b> El ADN y la resistencia bacteriana (guía de contenido, video y lectura científica).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 5:</b> Ciencia y tecnología en beneficio de las personas (guía de contenido y link de lecturas para investigación).</p>
	Proporcionar múltiples medios de ejecución y expresión.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. debate</li> <li>5. Infografías</li> <li>6. Mapa mental</li> <li>7. Informe científico</li> </ol>	<p><b>Experiencia de aprendizaje 1:</b> Manipulación genética de los alimentos (debate, infografía y medio de difusión).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 2:</b> Influencia humana en el surgimiento de enfermedades (infografía y mapa mental).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 3:</b> Medios de dispersión de microorganismos (informe científico).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 4:</b> El ADN y la resistencia bacteriana (mapa mental y ensayo argumentativo).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 5:</b> Ciencia y tecnología en beneficio de las personas (medio de difusión, cuestionario e infografía).</p>
	Proporcionar múltiples medios de participación y compromiso.	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Afiche</li> <li>9. Trabajo colaborativo</li> <li>10. Problemas sociocientíficos</li> </ol>	<p><b>Experiencia de aprendizaje 1:</b> Manipulación genética de los alimentos (trabajo grupal y uso de problema sociocientífico).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 2:</b> Influencia humana en el surgimiento de enfermedades (investigación grupal y uso de problema sociocientífico).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 3:</b> Medios de dispersión de microorganismos (trabajo grupal y uso de problema sociocientífico).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 4:</b> El ADN y la resistencia bacteriana (uso de problema sociocientífico).</p> <p><b>Experiencia de aprendizaje 5:</b> Ciencia y tecnología en beneficio de las personas (investigación grupal y uso de problema sociocientífico).</p>

## Orientaciones generales para trabajar el módulo

Se presentan las siguientes orientaciones por cada experiencia de aprendizaje para la implementación por parte del docente. A modo general se recomienda compartir el problema sociocientífico al comienzo de cada experiencia de aprendizaje, para dar contexto y relacionar con cada temática a abordar.

Objetivo de aprendizaje	Experiencia de aprendizaje	Orientaciones al docente
<p><b>OA8:</b> Investigar y explicar las aplicaciones que han surgido a raíz de la manipulación genética para generar alimentos, detergentes, vestuario, fármacos u otras, y evaluar sus implicancias éticas y sociales.</p>	<p>Manipulación genética de los alimentos</p>	<p><b>Sesión 1:</b> Se recomienda que toda la información recopilada en la investigación sea compartida por los estudiantes con el resto de la comunidad escolar, mediante un blog o cualquier medio visual.</p> <p><b>Sesión 2:</b> Se recomienda al docente mostrar un debate entre científicos sobre la manipulación genética. Esto puede ser en forma de videos, podcasts o transmisiones en vivo de debates reales. Este enfoque brinda a los estudiantes la oportunidad de escuchar diferentes perspectivas de expertos en el campo y fomenta el pensamiento crítico. Después del debate, se puede facilitar una discusión en clase para que los estudiantes expresen sus opiniones y reflexiones sobre las implicancias éticas y sociales de la manipulación genética.</p> <p><b>Sesión 3:</b> Se recomienda al docente generar un debate con los estudiantes subrayando la importancia de realizar investigaciones éticas y de obtener información de fuentes confiables. Para esto el docente debe proporcionar recursos adicionales para guiar a los estudiantes en la evaluación de la credibilidad de la información. Por último, debe promover y facilitar las discusiones respetuosas, estableciendo pautas, fomentando un ambiente respetuoso donde los estudiantes puedan expresar sus opiniones de manera constructiva y escuchar diferentes perspectivas.</p>
<p><b>OA2:</b> Explicar cómo la interacción entre genoma y ambiente determina patologías y condiciones de la salud humana.</p>	<p>Influencia humana en el surgimiento de animales.</p>	<p><b>Se recomienda realizar esta experiencia en el nivel de 3° medio.</b></p> <p><b>Sesión 1:</b> Se recomienda promover en los estudiantes un enfoque multidisciplinario, considerando la interacción genoma-ambiente desde perspectivas multidisciplinarias, incluyendo genética, epidemiología y ciencias del comportamiento.</p>

		<p>El docente puede recomendar la entrevista con expertos; si es posible, invitar a expertos en genética, epidemiología o áreas relacionadas para dar charlas o participar en sesiones de preguntas y respuestas con los estudiantes. Además, puede compartir con los estudiantes noticias de la prensa, relacionando los conceptos con noticias actuales sobre avances en la investigación genética o casos de estudio relevantes. Esto ayudará a los estudiantes a comprender la aplicabilidad de estos conceptos en el mundo real.</p> <p><b>Sesión 2:</b> Para la red de acción del ensayo de investigación que realizarán los estudiantes, se sugiere considerar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lenguaje y vocabulario científico apropiado.</li> <li>2. Citar al menos tres fuentes confiables con autor, mediante formato APA.</li> <li>3. Definir el mínimo de hojas del ensayo.</li> </ol> <p>Además, se puede seguir profundizando en la temática con la siguiente lectura:</p> <p>Losa, J. E. (2021). <a href="#">Enfermedades infecciosas emergentes: una realidad asistencial</a>. Anales del sistema sanitario de Navarra, 44(2), 147–151.</p>
<p><b>OA1:</b> Analizar, sobre la base de la investigación, factores biológicos, ambientales y sociales que influyen en la salud humana (como la nutrición, consumo de alimentos transgénicos, actividad física, estrés, consumo de alcohol y drogas, exposición a rayos UV, plaguicidas, patógenos, elementos contaminantes entre otros).</p>	<p>Medios de dispersión de microorganismos.</p>	<p><b>Se recomienda realizar esta experiencia en el nivel de 3° medio.</b></p> <p><b>Sesión 1:</b> Se recomienda al docente iniciar con una introducción sobre los diferentes factores que influyen en la salud humana, abarcando aspectos biológicos, ambientales y sociales. Entregue definiciones claras y ejemplos iniciales para ilustrar la diversidad de factores que se explorarán.</p> <p>En esta sesión se recomienda asignar o definir con los estudiantes un proyecto, pregunta o tema a abordar, relacionado a los factores de dispersión de microorganismos para que puedan abordarlos mediante un ensayo de investigación.</p> <p><b>Sesión 2:</b> Para la redacción del ensayo de investigación que realizarán los estudiantes, se sugiere considerar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lenguaje y vocabulario científico apropiado.</li> <li>2. Citar al menos tres fuentes confiables con autor, mediante formato APA.</li> <li>3. Definir el mínimo de hojas del ensayo.</li> </ol>

<p><b>OA3:</b> Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación con el flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.</p>	<p>El ADN y la resistencia bacteriana.</p>	<p><b>Se recomienda realizar esta experiencia en el nivel de 4° medio.</b></p> <p><b>Sesión 1:</b> Se recomienda iniciar la actividad recordando conocimientos de años anteriores, sobre genética. Para ello el docente puede generar cuestionarios utilizando plataformas digitales disponibles en la web en forma gratuita, como Quizizz.</p> <p><b>Sesión 2:</b> Se recomienda al docente que muestre un video del Dogma central de la biología molecular, para que los estudiantes tengan una mejor comprensión del tema, disponible en youtube: <a href="#">Dogma de la biología celular</a>.</p> <p><b>Sesión 3:</b> Se recomienda al docente realizar una jornada de discusión crítica, facilitando una discusión sobre el significado biológico del Dogma central. Puede preguntar a los estudiantes sobre las implicaciones de los procesos de transcripción y traducción en la expresión génica y cómo esto se relaciona con fenómenos biológicos como la REM.</p>
<p><b>OA4:</b> Evaluar cómo el desarrollo científico y tecnológico, a través de innovaciones en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología, entre otras, influyen en la calidad de vida de las personas.</p>	<p>Ciencia y tecnología en beneficio de las personas</p>	<p><b>Se recomienda realizar esta experiencia en el nivel de 4° medio.</b></p> <p><b>Sesión 1:</b> Se recomienda al docente iniciar con una introducción que destaque cómo los avances en ciencia y tecnología tienen un impacto directo en la calidad de vida de las personas. Proporcione ejemplos iniciales y anécdotas que ilustren cómo innovaciones en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología han mejorado la salud y bienestar de la sociedad.</p> <p><b>Sesión 2:</b> Se recomienda que el docente asigne a los estudiantes un proyecto de investigación donde exploren a fondo una innovación específica en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología o farmacología y cómo ha afectado positivamente la calidad de vida. Pueden presentar sus hallazgos en forma de informe, presentación oral o, incluso, demostraciones prácticas si es posible o material audiovisual.</p>



Las experiencias de aprendizaje están propuestas para los niveles de 2º, 3º y 4º medio. Cada una de ellas consta de tiempo estimado para su desarrollo, objetivo de aprendizaje según el currículum, objetivo de la actividad, descripción para cada sesión, recursos y una pregunta problematizadora a partir de la cual se debe dar comienzo a cada actividad.

Cada pregunta problema surge a partir del planteamiento de un problema socio científico de elaboración propia, el cual considera elementos presentes en el contexto de una caleta de pescadores ubicada en la segunda región del país. La problemática radica en las dificultades de salud que enfrentan algunos habitantes de la caleta Miramar y que por medio de los tratamientos médicos indicados no ha podido ser subsanada. Esta problemática surge a partir de un contexto de territorio específico, sin embargo, puede ser extrapolado a todo tipo de zonas con aguas continentales como, ríos, lagos, entre otros. Además de localidades que se abastecen con productos del mar para su consumo. También se podría ajustar a zonas agrícolas y ganaderas que pudiesen verse afectadas por el consumo de alimentos modificados genéticamente.

Para el desarrollo del módulo se proponen cinco experiencias de aprendizaje, las cuales están en concordancia con el propósito de la temática resistencia antimicrobiana. Se espera que los estudiantes trabajen de forma autónoma y sean capaces de liderar su propio aprendizaje en ciencia, para así favorecer el desarrollo de habilidades y actitudes científicas.

Como se indicó anteriormente, las experiencias de aprendizaje están enmarcadas en una problemática sociocientífica que se va resolviendo a medida que se avanza en el desarrollo de cada objetivo de aprendizaje, por lo que se recomienda que, al inicio y al término de cada sesión, el docente presente la pregunta problematizadora que permitirá que sus estudiantes puedan responder a la problemática del módulo.

## Problema sociocientífico

(Situación ficticia, contextualizada a la realidad de local)

**¿Qué implicancias éticas y sociales tiene la manipulación genética en los alimentos?**

**¿Cómo el comportamiento humano influye en el desarrollo de enfermedades emergentes?**

**¿El agua de mar se podría considerar como un medio para dispersar patologías tanto para animales, plantas y humanos?**

**¿Influye la transferencia de ADN en la resistencia microbiana?**

**El desarrollo científico y tecnológico, ¿es real y presenta beneficios para mejorar la salud de la población?**

“Caleta Miramar está ubicada al norte de la ciudad de Antofagasta, se caracteriza por tener como principal sustento económico la pesca y en menor proporción el turismo. Hace una década los pescadores se ganaron un proyecto para realizar cultivos de moluscos y algas, para lo cual han probado con diferentes tipos de alimentos modificados genéticamente y naturales.

Desde hace una semana el servicio de salud primario se ha visto colapsado por atenciones a niños y adultos que presentan erupciones en la piel. El médico tratante ha proporcionado distintos tratamientos de antibióticos, los cuales no han tendido una respuesta favorable en la población afectada. Por lo anterior la unidad salud ha solicitado análisis microbiológicos del agua, alimentos y productos del mar”.



Caleta Miramar, Antofagasta

## Esquema general de experiencias de aprendizaje



### 5.1 Experiencia de aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos

<b>Nivel</b>	2° medio
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	Investigar y explicar las aplicaciones que han surgido a raíz de la manipulación genética para generar alimentos, detergentes, vestuario, fármacos u otras, y evaluar sus implicancias éticas y sociales.
<b>Tiempo</b>	6 horas pedagógicas
<b>Objetivo de la actividad</b>	Investigar y debatir sobre los efectos de la manipulación genética de los alimentos para la sociedad.
<b>Pregunta problema</b>	¿Qué implicancias éticas y sociales tiene la manipulación genética en los alimentos? <b>Nota:</b> Considerar la cadena alimenticia.

#### Descripción de la actividad por sesión

**Sesión 1:** Para iniciar la actividad se debe presentar el problema sociocientífico y plantear la pregunta problema ¿qué implicancias éticas y sociales tiene la manipulación genética en los alimentos? Luego, se invita a los estudiantes a visualizar video recomendado de la manipulación genética, además de leer la guía de contenido ¿Qué es la manipulación genética? Posteriormente se debe solicitar a los estudiantes que realicen una investigación de la manipulación genética en alimentos, considerando las siguientes orientaciones:

1. Listar alimentos obtenidos a partir de la manipulación genética.
2. Características de alimentos modificados genéticamente.
3. Efectos de la manipulación genética de los alimentos en la población que los consume.
4. ¿Qué opina la ciencia y la sociedad respecto de la manipulación genética de los alimentos?

**Sesión 2:** Se inicia la actividad recordando el problema sociocientífico y la pregunta problema; se indica a los estudiantes que deben utilizar la información recopilada la clase anterior. Se explica al curso que deben realizar un debate (considerar Guía anexo de debate), se divide al curso en grupos a favor y en contra de la manipulación genética de alimentos; los estudiantes deberán complementar la información que ya tienen con lecturas sugeridas, infografía y preguntas orientadoras, para argumentar respecto de la opción designada (a favor o en contra). Se espera que los estudiantes logren argumentar sobre la temática, para luego realizar un debate en el curso.

**Sesión 3:** Al inicio de la actividad se recuerda a los estudiantes el problema sociocientífico; luego, se les solicita hacer lectura de noticias sugeridas sobre efecto y consecuencias para la salud humana del uso indiscriminado de antibióticos. A partir de las noticias leídas, los estudiantes deberán responder un cuestionario y socializar respuestas con el curso. Para dar cierre a la experiencia de aprendizaje, el docente debe plantear la pregunta problema ¿qué implicancias éticas y sociales tiene la manipulación genética en los alimentos? Se sugiere intencionar que los estudiantes logren relacionar lo aprendido con la contaminación del mar y los productos derivados para consumo humano.

<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• video de apoyo sugerido para contextualizar temática</li> <li>• guía para orientar el debate</li> <li>• infografía</li> <li>• guía de contenido</li> <li>• link de noticias y lecturas sugeridas</li> </ul>
-----------------	--

## 5.2 Experiencia de aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades

<b>Nivel</b>	3° medio
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	OA1_NM3_NM4 Plan común Bienestar y salud: Analizar, sobre la base de la investigación, factores biológicos, ambientales y sociales que influyen en la salud humana (como la nutrición, el consumo de alimentos transgénicos, la actividad física, el estrés, el consumo de alcohol y drogas, y la exposición a rayos UV, plaguicidas, patógenos y elementos contaminantes, entre otros).
<b>Tiempo</b>	6 horas pedagógicas
<b>Objetivo de la actividad</b>	Explicar cómo las acciones humanas influyen en la resistencia y propagación de microorganismos causantes de enfermedades.
<b>Pregunta problema</b>	¿Cómo influye el comportamiento humano en el desarrollo de enfermedades emergentes?

### Descripción de la actividad por sesión

**Sesión 1:** Se comienza la actividad planteando el problema sociocientífico y la pregunta problema; se divide al curso en grupos de trabajo y se les entrega la Guía de contenido “Resistencia antimicrobiana, ¿qué es un antibiótico y cómo actúa?”, la que deben leer. Posterior al momento de lectura, los estudiantes deben compartir con su grupo sus impresiones respecto de la lectura y hacer un mapa mental, para lo cual se pueden guiar con las orientaciones para dicha actividad. Terminado el mapa mental, cada grupo socializa su trabajo y responde a la pregunta problema planteada al inicio ¿cómo influye el comportamiento humano en el desarrollo de enfermedades emergentes?

**Sesión 2:** El docente entregará noticias sobre el efecto de los antimicrobianos y una infografía. Los estudiantes deberán analizar la resistencia antimicrobiana y el efecto en la salud humana. A continuación, se les pide leer la Guía de contenido “Resistencia antimicrobiana impacta en salud humana, de animales y medioambiente”. Por último, se pide que realicen un ensayo de investigación el cual se puede orientar a través del documento ¿Cómo redactar un ensayo científico?

<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• link de noticias</li> <li>• infografía</li> <li>• indicaciones para realizar mapa mental o conceptual</li> <li>• guía de contenido</li> <li>• orientaciones para realizar ensayo científico</li> </ul>
-----------------	---

### 5.3 Experiencia 3: medios de dispersión de microorganismos

**Explican la difusión de patologías por medio de la comparación de genomas y su interacción con el medioambiente.**

<b>Nivel</b>	3° medio
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	OA2_NM3_NM4_ Cs de la salud: Explicar cómo la interacción entre genoma y ambiente determina patologías y condiciones de la salud humana.
<b>Tiempo</b>	4 horas pedagógicas
<b>Objetivo de la actividad</b>	Explicar el surgimiento de patologías a partir de la comparación de genomas.
<b>Pregunta problema</b>	¿El agua de mar se podría considerar como un medio para dispersar patologías tanto para animales, plantas y humanos?
<b>Descripción de la actividad por sesión</b>	
<p><b>Sesión 1:</b> Se presenta a los estudiantes la problemática y pregunta problema ¿El agua de mar se podría considerar como un medio para dispersar patologías tanto para animales, plantas y humanos? Se les pide investigar mediante el uso de fuentes confiables, como artículos científicos, la información de patologías que se han transformado en pandemias a nivel mundial. Para complementar la información se solicita a los estudiantes leer la guía de contenido: ¿Cómo interactúan tus genes y el medioambiente? Finalmente, se les entrega la base de datos del genoma (<a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov">www.ncbi.nlm.nih.gov</a>), para que indaguen y comparen genomas de diferentes organismos y realicen interacciones con las estructuras 3D de proteínas. (utilizar Guía de orientaciones para base de datos).</p> <p><b>Sesión 2:</b> A partir de la actividad 1, los estudiantes deberán realizar un informe científico, con el cual se responda la pregunta problema. Para lo anterior invite a que se guíen por los pasos del método científico y el documento orientador ¿Cómo hacer un informe científico? La idea es que los estudiantes puedan relacionar lo investigado con el problema sociocientífico, dando respuesta a la pregunta planteada en esta sesión. Se espera que identifiquen diferentes medios como facilitadores de propagación de patologías, por ejemplo, el mar.</p>	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de datos genómica</li> <li>• <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/</a></li> <li>• <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/structure?db=Structure">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/structure?db=Structure</a></li> <li>• Documento ¿Cómo hacer un informe científico?</li> </ul>

### 5.4 Experiencia 4: El ADN y la resistencia bacteriana

<b>Nivel</b>	3° medio
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	OA3_NM3_NM4_ Biología celular y molecular: Analizar críticamente el significado biológico del dogma central de la biología molecular en relación con el flujo de la información genética en células desde el ADN al ARN y a las proteínas.
<b>Tiempo</b>	4 horas pedagógicas
<b>Objetivo de la actividad</b>	Analizar el flujo de información genética, desde ADN, proteínas y su función en la resistencia antimicrobiana.

<b>Pregunta problema</b>	¿Influye la transferencia de ADN en la resistencia microbiana?
<b>Descripción de la actividad por sesión</b>	
<p><b>Sesión 1:</b> Para comenzar la actividad se debe presentar el problema sociocientífico y la pregunta problema, con el objetivo de hacer un análisis inicial de la misma. Luego, el docente entrega la guía de contenido Dogma de la Biología celular y molecular; a partir de la lectura se invita a los estudiantes a responder las interrogantes planteadas.</p> <p><b>Sesión 2:</b> El docente proyecta videos sobre resistencia antimicrobiana, que deben ser analizados por los estudiantes con el fin de que relacionen la expresión genética con la resistencia antimicrobiana de las bacterias. En base a su análisis deberán realizar una investigación y elaboración de un mapa mental respondiendo a la pregunta ¿Cómo las bacterias se hacen resistentes a los antibióticos? (considerar orientaciones para realizar mapa mental).</p> <p><b>Sesión 3:</b> Para comenzar la actividad se debe recordar problema sociocientífico y pregunta problema; luego, el docente facilita a los estudiantes lecturas científicas, las cuales deberán analizar para luego seleccionar un antibiótico e investigar su mecanismo de acción. Por último, se pide a los estudiantes hacer un ensayo argumentativo respondiendo a la pregunta ¿Cómo influye la transferencia de ADN en la resistencia antimicrobiana? Una vez entregado el ensayo, el docente retoma la pregunta problema e invita al curso a socializar verbalmente los resultados de cada trabajo.</p>	
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lecturas científicas</li> <li>• link de videos</li> <li>• orientaciones para realizar mapa mental</li> <li>• orientaciones para realizar ensayo argumentativo</li> </ul>

### 5.5 Experiencia 5: Ciencia y tecnología en beneficio de las personas

<b>Nivel</b>	4° medio
<b>Objetivo de aprendizaje</b>	OA5_NM3_NM4_Cs de la salud: Evaluar cómo el desarrollo científico y tecnológico, a través de innovaciones en biotecnología, nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología, entre otras, influyen en la calidad de vida de las personas.
<b>Tiempo</b>	6 horas pedagógicas
<b>Objetivo de la actividad</b>	Evaluar el avance científico y tecnológico en el desarrollo de innovaciones en biotecnología y su impacto en la calidad de vida de las personas.
<b>Pregunta problema</b>	El desarrollo científico y tecnológico, ¿es real y presenta beneficios para mejorar la salud de la población?
<b>Descripción de la actividad por sesión</b>	
<p><b>Sesión 1:</b> Se comienza la actividad planteando el problema sociocientífico y la pregunta problema, luego se entregan las lecturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FDA: tecnología avanzada esclarece la resistencia a los antibióticos.</li> <li>• Nuevos enzibióticos frente a bacterias causantes de enfermedades respiratorias.</li> </ul> <p>Ambas lecturas deben ser analizadas por los estudiantes grupalmente, luego se solicita que respondan preguntas (Guía del estudiante); para finalizar se solicita a los estudiantes socializar sus respuestas con el curso.</p> <p><b>Sesión 2:</b> Se comienza la actividad recordando problema sociocientífico y pregunta problema; luego, el docente pide a los estudiantes investigar de forma grupal sobre el desarrollo científico y tecnológico, a través de innovaciones en biotecnolo-</p>	

gía (identificación de genes de resistencia antimicrobiana), nanomedicina, medicina nuclear, imagenología y farmacología (identificación de nuevos antibióticos), entre otras, que influyen en la calidad de vida de las personas. Los estudiantes deberán elaborar un medio de difusión que permita informar sobre su investigación, que puede ser una infografía, tríptico, entre otros. Para terminar la actividad el docente vuelve a plantear la pregunta problema. El desarrollo científico y tecnológico, ¿es real y presenta beneficios para mejorar la salud de la población? La idea es que los estudiantes, a través de las actividades propuestas, logren dar respuesta a cómo el avance de la tecnología puede influir de forma positiva o negativa en la salud de los seres vivos y comprendan las implicancias éticas del uso indiscriminado de sustancias que pueden beneficiar a unos en perjuicio de otros. Finalmente se recomienda a los estudiantes compartir su trabajo con la comunidad educativa a través de blog, redes sociales, página web del establecimiento, recursos visuales, entre otros.

**Recursos**

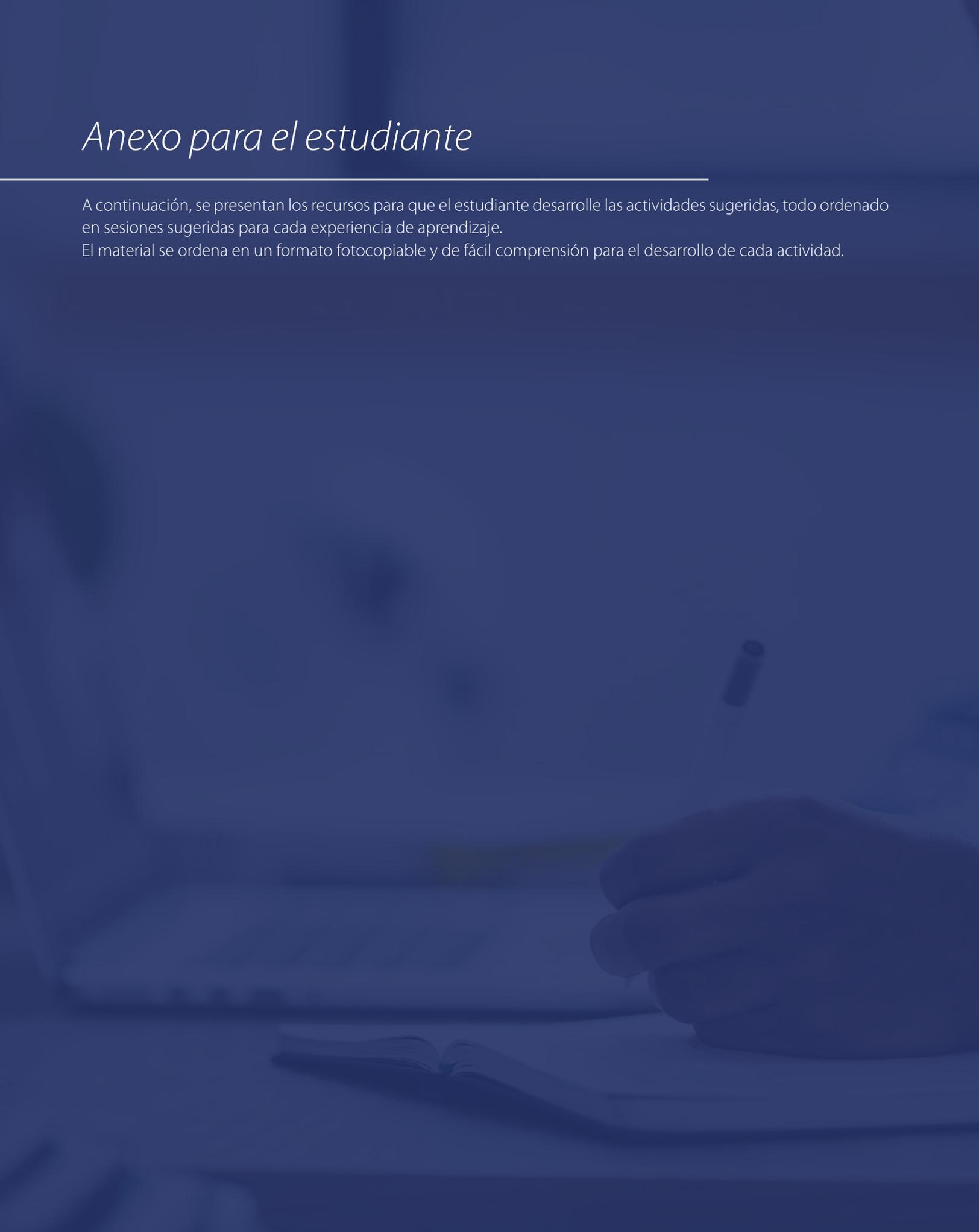
- link de lecturas científicas para desarrollar la investigación
- link con guía para la elaboración de infografías

## *Anexo para el estudiante*

---

A continuación, se presentan los recursos para que el estudiante desarrolle las actividades sugeridas, todo ordenado en sesiones sugeridas para cada experiencia de aprendizaje.

El material se ordena en un formato fotocopiable y de fácil comprensión para el desarrollo de cada actividad.



## Experiencia de Aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos

### ACTIVIDAD: INVESTIGACIÓN

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**1. Observa los siguientes videos que tu docente proyectará o inserta los siguientes links en tu computador.**

- [Ingeniería genética](#)
- [¿Los transgénicos son buenos o malos?](#) La ingeniería genética y la comida
- [La ingeniería genética](#) cambiará todo para siempre- CRISPR

**2. Leer Guía de contenido: ¿Qué es la modificación genética?**

**3. A continuación, realiza una investigación de la temática planteada en el video, considerando lo siguiente:**

- Haz una lista de los alimentos obtenidos a partir de la manipulación genética.
- Identifica características de alimentos modificados genéticamente.
- Menciona los efectos de la manipulación genética de los alimentos en la población que los consume.
- ¿Qué opina la ciencia y la sociedad respecto de la manipulación genética de los alimentos?

**4. Por último, difunde la información investigada en alguna plataforma WEB o por medio de afiches, paneles, trípticos o cualquier medio que permita que tu comunidad educativa conozca esta información.**

## Experiencia de aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos

### GUÍA DE CONTENIDO: ¿Qué es la modificación genética? (sesión 1)

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

#### ¿Qué es la modificación genética?

En la naturaleza, el crecimiento de los seres vivos está controlado por la información presente en sus genes. La modificación genética es un conjunto especial de tecnología genética que altera la maquinaria genética de organismos vivos tales como animales, plantas o microorganismos. La combinación de genes de diferentes organismos se conoce como tecnología de ADN recombinante y se dice que el organismo resultante es "modificado genéticamente (GM)" o transgénico.

Esto puede significar cambiar un par de bases (AT o CG), eliminando una región completa de ADN o introduciendo una copia adicional de un gen. También puede significar extraer ADN del genoma de otro organismo y combinarlo con el ADN de ese individuo. Los científicos utilizan la ingeniería genética

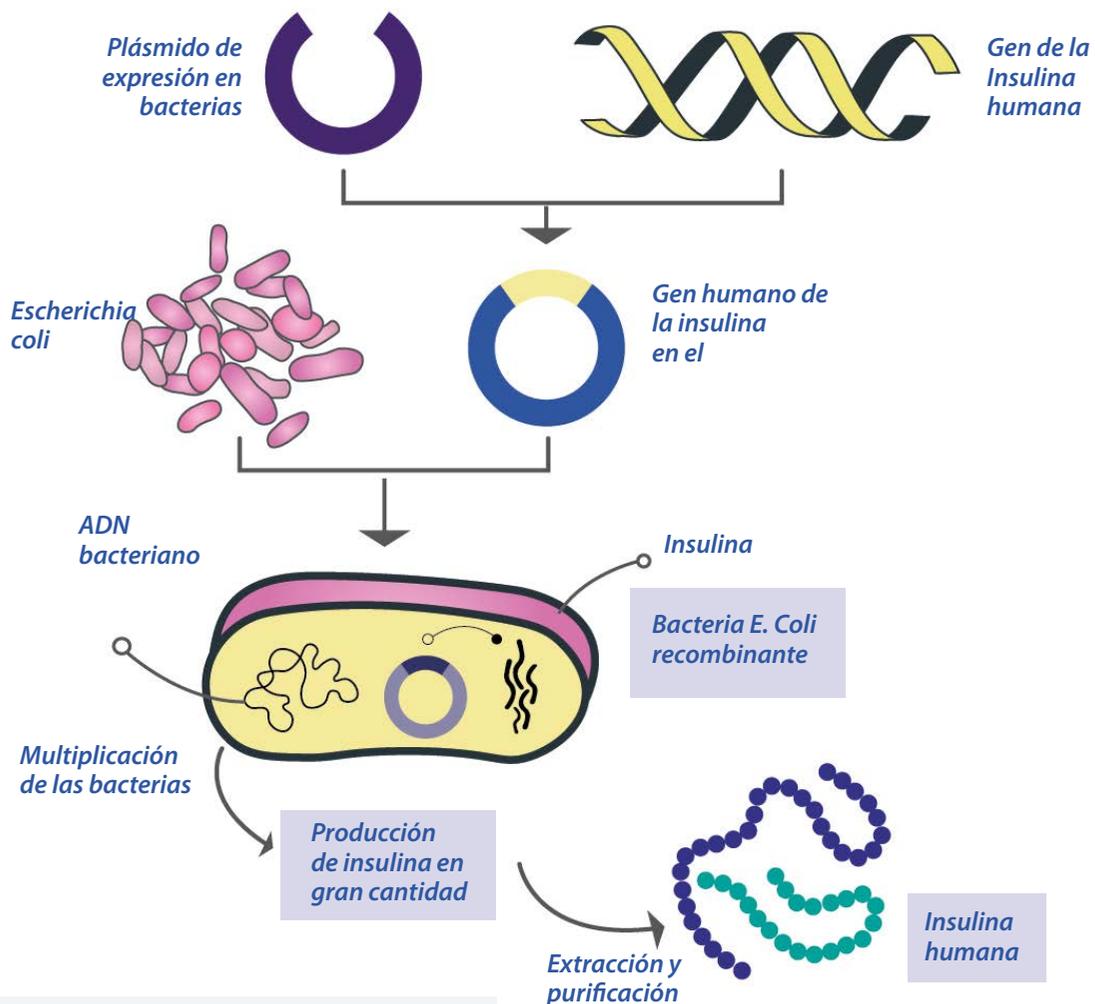
para mejorar o modificar las características de plantas, animales y microorganismos.

La tecnología que corta y transfiere específicamente una pieza de ADN recombinante (ADNr) de un organismo a otro fue desarrollada en 1973 por Herbert Boyer y Stanley Cohen, investigadores de la Universidad de California, San Francisco y la Universidad de Stanford, respectivamente. La pareja transfirió un segmento de ADN de una cepa de bacterias a otra, lo que permitió la resistencia a los antibióticos en las bacterias modificadas. Al año siguiente, dos biólogos moleculares estadounidenses, Beatrice Mintz y Rudolf Jaenisch, introdujeron material genético extraño en embriones de ratón en el primer experimento para modificar genéticamente animales utilizando técnicas de ingeniería genética.

## Aplicaciones de la modificación genética

1. Industria agroalimentaria
2. Industria de detergentes y textil
3. Industria minera
4. Industria farmacéutica

En la actualidad en el área médica se utilizan una serie de proteínas provenientes de organismos transgénicos (técnicamente proteínas recombinantes) para el tratamiento de distintas enfermedades. Por ejemplo, la diabetes es tratada con insulina humana producida en bacterias (es decir insulina obtenida a partir de bacterias transgénicas) permitiendo tratar esta enfermedad a bajo costo.



### Bacterias

Figura 1. Esquema de obtención de la insulina por tecnología de ADN recombinante.

Existe una diversidad de proteínas recombinantes que se emplean como fármacos para el tratamiento de diversas patologías en seres humanos. También pueden producirse antígenos y anticuerpos como proteínas recombinantes, que se emplean en sistemas de diagnóstico de diversas enfermedades en Chile y el mundo.

Por otro lado, algunas enzimas y aditivos utilizados en el procesamiento de los alimentos se obtienen desde hace años mediante técnicas de ADN recombinante, es decir se obtienen a partir de organismos transgénicos. Por su parte, la modificación genética en la **fábrica del vino** se ha aplicado a las levaduras viníferas. Existen algunas levaduras transgénicas que permiten la producción de ácido láctico para mejorar problemas de baja acidez. Otro ejemplo son las levaduras transgénicas que llevan a cabo la fermentación maloláctica (conversión del ácido málico en ácido láctico), la cual produce una disminución de la acidez y una mayor estabilidad microbiológica del vino.

En el caso de la **producción de cerveza** se han incorporado a las levaduras genes procedentes de *Trichoderma reesei* o de *Trichoderma longibrachiatum* que expresan una enzima  $\beta$ -glucanasa que resuelve un problema importante de la fabricación de la cerveza como es el representado por la colmatación y acúmulo de  $\beta$ -glucanos procedentes de la cebada, que exige la limpieza de los tanques y un importante gasto desde el punto de vista técnico.

En relación a los **detergentes**, hoy podemos lavar nuestra ropa en agua fría gracias a los organismos transgénicos. En la industria de los detergentes y jabones para la ropa se utilizan enzimas provenientes de diferentes microorganismos extremófilos (que viven en ambientes extremos, como las bajas temperaturas de la Antártica) como biocatalizadores que quitan las manchas a bajas temperaturas. En principio, los propios organismos extremófilos eran la fuente de donde se extraían las enzimas, sin embargo, luego se clonaron los genes relacionados a dichas enzimas y actualmente se las produce a escala industrial en bacterias que sobreproducen la enzima de interés en biorreactores.

Del mismo modo, la modificación genética es hoy una de las herramientas fundamentales para el **mejoramiento de los cultivos vegetales**. En este contexto, se estima que los cultivos transgénicos autorizados y los alimentos e ingredientes derivados de estos, luego de 15 años de consumo a nivel global, se encuentran en más del 60% de los alimentos elaborados disponibles en los supermercados.

### **Alimentos genéticamente modificados**

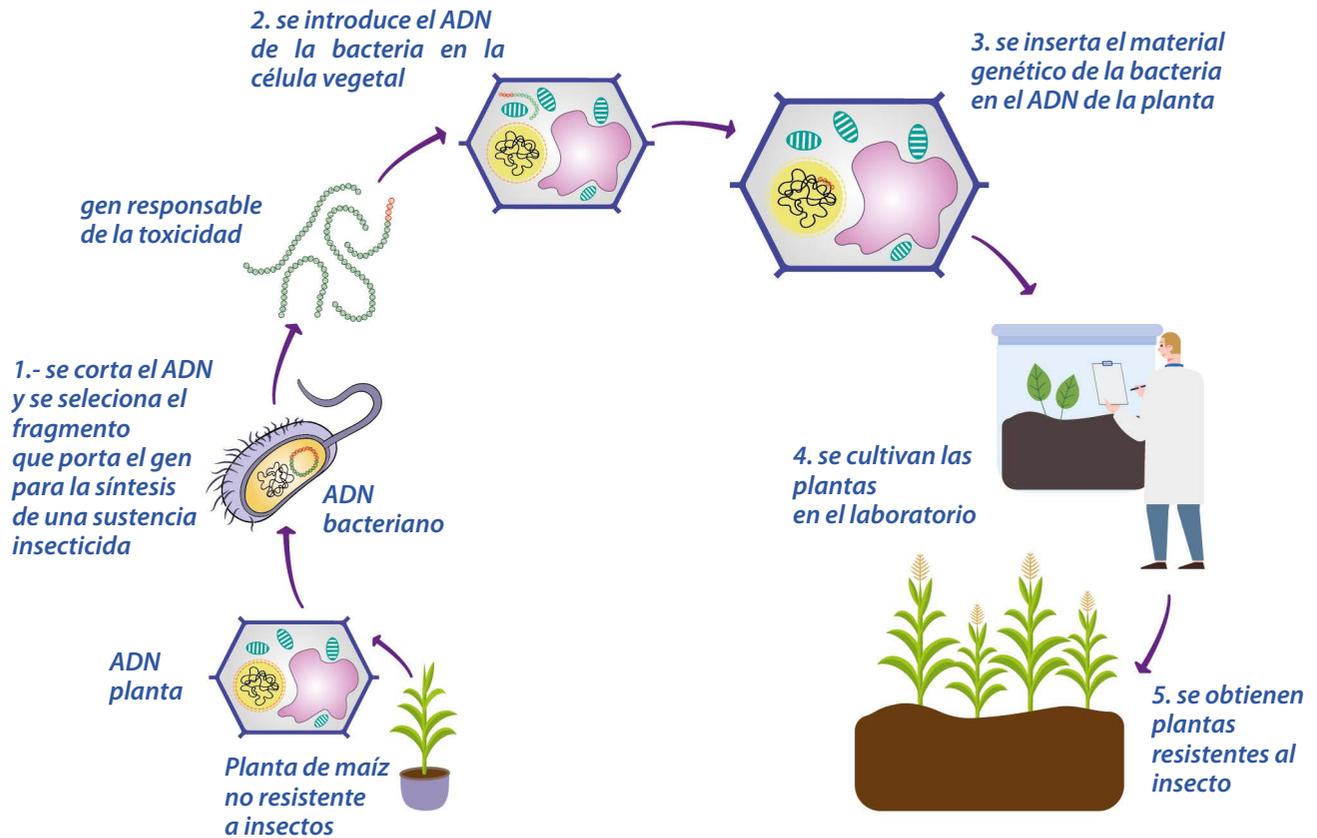
También conocidos como transgénicos, tienen genes alterados de una manera que no ocurriría naturalmente o pueden contener genes que se insertan desde otro organismo. Aquellos con genes de otros organismos se llaman "transgénicos" y representan una gran cantidad de OGM disponible en la actualidad, como el maíz Bt, llamado así porque contiene un gen de bacterias (*Bacillus thuringiensis*) que es resistente al herbicida Roundup comúnmente utilizado para el control de malezas.

Los transgénicos han existido desde 1994, cuando el tomate Flavr Savr llegó al mercado por primera vez después de la aprobación de la FDA. Los transgénicos están en todas partes y Estados Unidos es el mayor productor de transgénicos en el mundo.

Los cultivos transgénicos más comunes que se abren paso en nuestros alimentos son el maíz, los aceites vegetales (como la canola) y la soja, donde el 85% de la soja cultivada en los Estados Unidos está modificada genéticamente. La calabaza y la papaya también son cultivos transgénicos aprobados, con muchos más granos, verduras y frutas en camino a ser aprobados.

## Proceso de obtención de una planta transgénica resistente a insectos

Fuente: <https://es.slideshare.net/jujosansan/ingenieria-genetica-15974017>



### Experiencia de aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos

#### ACTIVIDAD: REALIZAR UN DEBATE (sesión 2)

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

#### Indicaciones:

- Analizar infografía relacionada con organismos transgénicos.
- Elige tu grupo de trabajo o agrúpate según lo que disponga tu profesor.
- Debes preparar un debate argumentativo, considerando: las implicaciones sociales, éticas, económicas y ambientales, relacionadas con la aplicación de la modificación genética de organismos en el ámbito local como global. Para lo anterior te puedes guiar por las orientaciones, la infografía, lecturas sugeridas y el ejemplo de debate que será facilitado por tu docente.

**Recomendaciones de lectura para preparar el debate:** puedes acceder con tu celular agregando el nombre del documento o link a la barra de Google.

- Alimentos derivados de cultivos genéticamente modificados. ¿Nuevos, seguros para la salud humana, consumidos?
- Castaño-Hernández, A. (2015). Alimentos derivados de [cultivos genéticamente modificados](#). ¿Nuevos, seguros para la salud humana, consumidos? *Pediatría*, 48(3), 68–74.

- Los alimentos transgénicos: ¿solución o problema?
- Valtueña, J. A. (2003). Los alimentos transgénicos: ¿solución o problema? *Offarm*, 22(4), 78–82.
- ¿Cuál es su postura sobre los alimentos transgénicos?

- ¿Afectan los alimentos transgénicos a la salud del medioambiente?
- ¿Son necesarios los alimentos transgénicos para alimentar a toda la población mundial?
- ¿El uso de maíz genéticamente modificado es beneficioso para alimentar a nuestro mundo o es un desastre disfrazado?

**Preguntas para orientar el debate**

- ¿Los OGM son realmente menos saludables que los alimentos no OGM? ¿Por qué sí o por qué no?
- ¿Alterará el etiquetado de OGM la percepción de los consumidores sobre los alimentos transgénicos?

Importante: para realizar el debate, debe haber dos posturas en el curso, unos a FAVOR y otros en CONTRA de la modificación genética de alimentos.

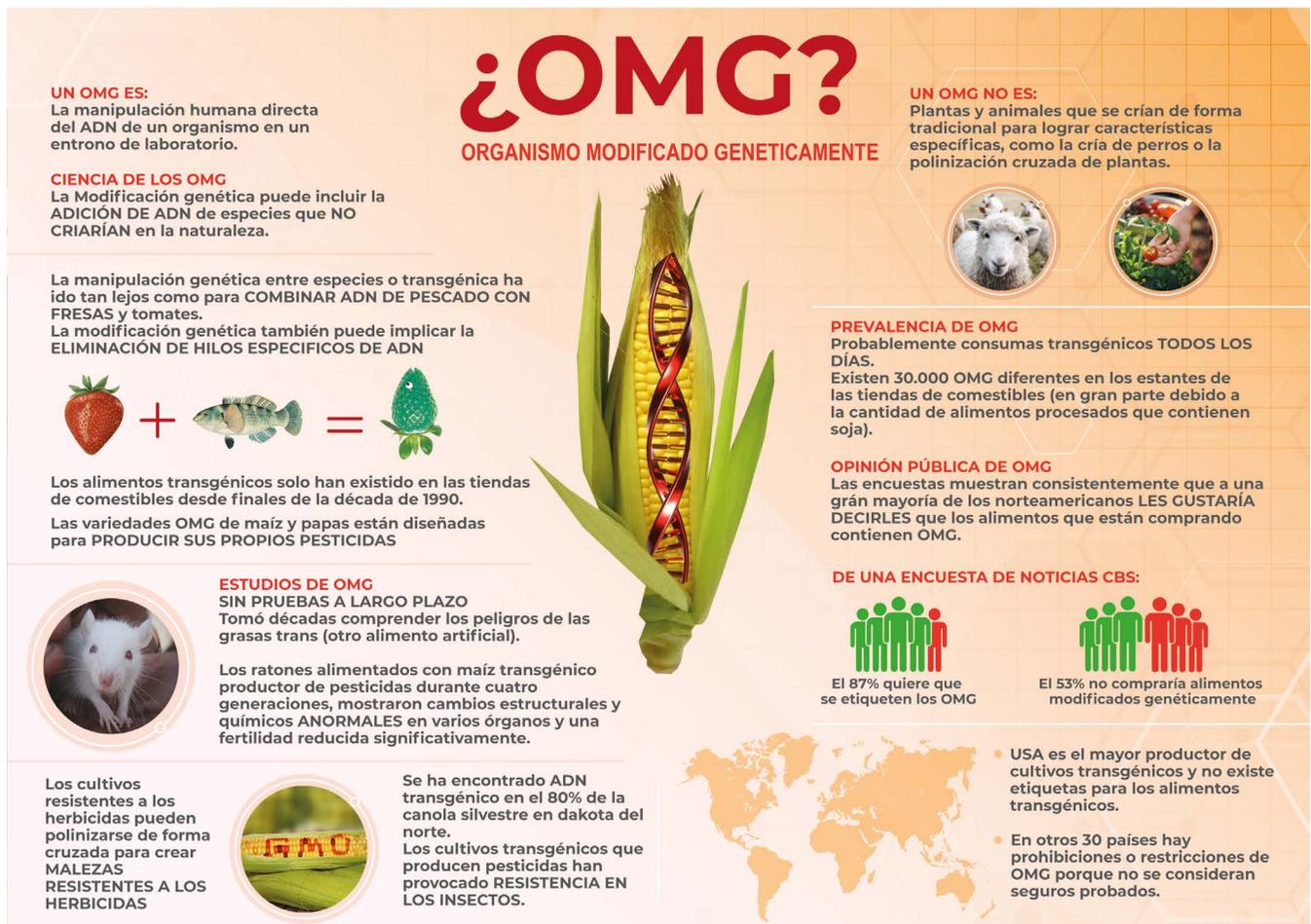


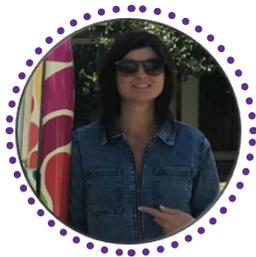
Figura 3: infografía de organismos modificados genéticamente, elaboración propia.

**Experiencia de aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos****ACTIVIDAD: REALIZAR UN DEBATE (sesión 2)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

Aplicación de los OGM en la agricultura y en la producción de alimentos para una mejor nutrición: dos puntos de vista de científicos.

Con estudios que respaldan ambos lados, muchos se preguntan: ¿A quién debemos creer? Para dar una idea más clara de los problemas y argumentos que rodean a los OGM.



*Dra. Sarah Evanega  
Bióloga Vegetal*



*Dr. David Perlmutter  
Neurólogo*

**¿Cuáles son sus posturas sobre los alimentos transgénicos?**

**Dra. Sarah Evanega (SE):** Los alimentos con organismos genéticamente modificados son seguros. La ingeniería genética es una herramienta que puede ayudarnos a producir cultivos que resistan la sequía, las enfermedades y las plagas de insectos, lo que significa que los agricultores obtienen mayores rendimientos de los cultivos que cultivan para alimentar a sus familias y generar ingresos adicionales.

**Dr. David Perlmutter (DP):** La modificación genética de las semillas agrícolas no beneficia al planeta ni a sus habitantes. Los cultivos genéticamente modificados (GM) están asociados con un mayor uso de productos químicos, como el glifosato, que son tóxicos para el medioambiente y para los humanos. Afortunadamente, existen alternativas innovadoras para el problema de la inseguridad alimentaria que no dependen del uso de cultivos transgénicos.

**¿Los OGM son realmente menos saludables que los alimentos no OGM? ¿Por qué sí o por qué no?**

**SE:** Desde una perspectiva de salud, los alimentos transgénicos no son diferentes a los alimentos no transgénicos. Imaginen cacahuates que puedan modificarse genéticamente para reducir los niveles de aflatoxinas y trigo sin gluten, lo que daría a las personas con enfermedad celíaca una opción de pan saludable y sabrosa. Los cultivos de *Bacillus thuringiensis* (Bt) resistentes a los insectos en realidad reducen o eliminan la necesidad de aplicaciones de pesticidas, lo que mejora aún más su salubridad y seguridad.

**DP:** Sin duda, los diversos herbicidas tóxicos que se aplican generosamente a los cultivos transgénicos están teniendo un efecto devastador. En términos de la calidad nutricional de los alimentos convencionales frente a los transgénicos, es importante comprender que el contenido de minerales depende, en gran medida, de los diversos microorganismos del suelo. Cuando el suelo se trata con glifosato, como suele ser el caso de los cultivos transgénicos, básicamente provoca la esterilización y priva a la planta de su capacidad de absorción de minerales.

**¿Afectan los alimentos transgénicos a la salud del medioambiente? ¿Por qué sí o por qué no?**

**SE:** En resumen, los cultivos transgénicos pueden tener notables beneficios ambientales. Permiten a los agricultores producir más alimentos con menos insumos. Nos ayudan a conservar la tierra, reducir la deforestación y promover y reducir el uso de productos químicos.

**DP:** En resumen, el uso de pesticidas para cultivos transgénicos está alterando los ecosistemas, contaminando el agua y los suministros de alimentos para los organismos del medioambiente y dañando el microbioma del suelo.

## ¿Existe una alternativa viable a los alimentos transgénicos? Si es así, ¿qué es?

**SE:** No hay razón para buscar una alternativa a los alimentos transgénicos, desde una perspectiva científica, ambiental o de salud. Pero si las personas desean evitar los alimentos transgénicos, pueden comprar productos orgánicos. La ingeniería genética ofrece a los fitomejoradores como una herramienta importante que puede resultar en un enfoque saludable y ecológico de la agricultura.

**DP:** Absolutamente. Hay muchos innovadores que trabajan en soluciones para resolver de manera sostenible el problema de la inseguridad alimentaria. Un área de enfoque ha sido la reducción del desperdicio en toda la cadena de suministro. Otra alternativa es aprovechar al máximo la interacción beneficiosa entre microorganismos y plantas para crear una experiencia agrícola más saludable y productiva.

**Experiencia de aprendizaje 1: Manipulación genética de los alimentos****ACTIVIDAD: Analizar y responder (sesión 3)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

**Indicaciones:****1. Leer noticias sugeridas sobre los efectos y las consecuencias para la salud humana del uso indiscriminado de antibióticos en Chile.**

- [Resistencia bacteriana y salmoneras](#)
- [Plan contra resistencia de antibiótico](#)
- [Explosivo aumento en consumo de antibióticos](#)

**2. Responde el siguiente cuestionario en tu cuaderno:**

- ¿La batalla contra las súper bacterias es una cuestión de biología y medicina o una cuestión de sociedad y comportamiento? ¿Cuáles son los factores que impulsan el uso indebido de antimicrobianos?
- ¿Quién debe liderar el cambio de comportamiento: ¿médico, paciente, la compañía farmacéutica o el gobierno?
- ¿Cuál es la prioridad en el cambio de comportamiento? ¿Dónde se deben concentrar los esfuerzos? ¿Por qué ha sido tan difícil cambiar el comportamiento hacia los antimicrobianos?
- ¿Cómo mejoraría la vida abordar el uso excesivo y el uso incorrecto de antimicrobianos? ¿Tienes algunos ejemplos de cambios de comportamiento exitosos?
- ¿Cuáles son los obstáculos que impiden un mejor uso de los antibióticos y otros antimicrobianos? ¿Qué se necesita para superar esos obstáculos?

**Experiencia de Aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades****ACTIVIDAD: LECTURA Y ESQUEMA (sesión 1)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**Indicaciones:**

1. Forma un equipo de trabajo según lo propuesto por tu docente.
2. Cuando hayas formado tu equipo de trabajo, responde con tu equipo la siguiente pregunta: ¿cómo afecta al ser humano el deterioro del medioambiente?
3. Lee la Guía de contenido Resistencia antimicrobiana.
4. Una vez que la hayas leído, elabora en conjunto con tu equipo de trabajo un mapa mental.  
•Para lo anterior te puedes apoyar con las orientaciones adjuntas para realizarlo.
5. Presenten el mapa mental a tu curso y/o según lo dispuesto por tu docente, respondan nuevamente a la pregunta planteada en un inicio: ¿cómo afecta al ser humano el deterioro del medioambiente?

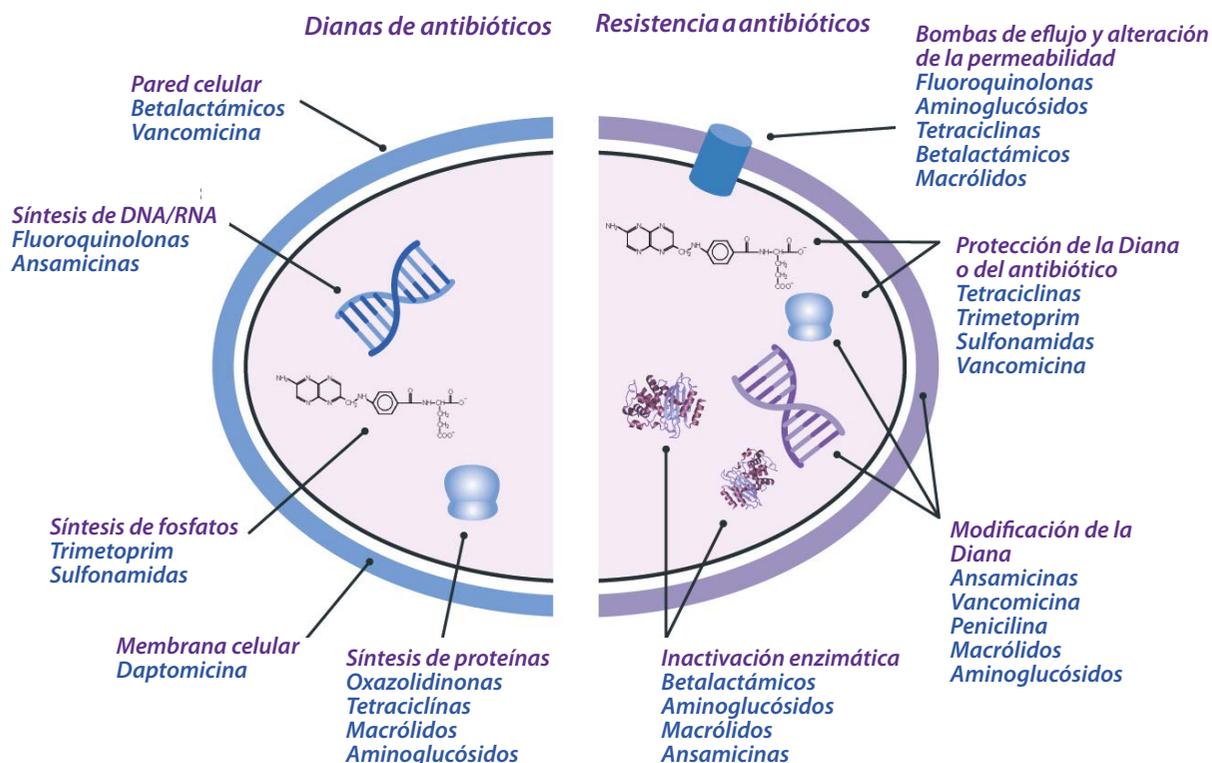
## Experiencia de aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades

### ACTIVIDAD: GUÍA DE CONTENIDO (sesión 1)

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

#### GUÍA DE CONTENIDO: RESISTENCIA ANTIMICROBIANA

¿Qué es un antibiótico y cómo actúa?



Los antibióticos son sustancias que matan o producen la inhibición del crecimiento de bacterias, actúan en diferentes lugares de las bacterias, cada uno de los cuales sería la diana de ese antibiótico (pared celular, membrana o interfiriendo en la síntesis de proteínas o ácidos nucleicos).

**Figura 4. Dianas de acción de los antibióticos y mecanismos de resistencia<sup>12</sup>**

Los antibióticos actúan sobre las bacterias patógenas (causantes de infección) pero también sobre las comensales, que son mayoritarias y forman parte del microbiota, seleccionando cepas resistentes y genes de resistencia. Por lo tanto, la selección es por el uso tanto apropiado como inapropiado de los antibióticos.

Es importante entender que son fármacos que únicamente afectan a las bacterias, no a los virus. Es decir, si tenemos una gripe, que es provocada por un virus, un antibiótico no sirve para nada, aunque algunos se empeñen en convencer al médico o al farmacéutico de lo contrario.

<sup>12</sup> Fuente: [https://www.researchgate.net/publication/363113312\\_La\\_pandemia\\_silenciosa\\_resistencia\\_bacteriana\\_a\\_los\\_antibioticos/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/363113312_La_pandemia_silenciosa_resistencia_bacteriana_a_los_antibioticos/figures?lo=1)

### **Resistencia bacteriana a los antibióticos: ¿Qué es?, ¿cuál es la amenaza?**

La resistencia antimicrobiana (RAM) se define como la capacidad que tiene una bacteria para sobrevivir a concentraciones de antibióticos que inhiben o matan a otras de la misma especie. Como resultado, estas bacterias que son capaces de sobrevivir se multiplican y se diseminan, debido a la falta de competencia por parte de otras cepas sensibles al mismo fármaco. Esto ha llevado a la aparición de lo que llamamos “superbacterias”, como por ejemplo *Staphylococcus aureus* resistente a metilicina o *Neisseria gonorrhoeae*, que son difíciles de tratar con los antibióticos disponibles. El desarrollo de resistencia es un fenómeno natural que ha sido observado desde el descubrimiento de los primeros antibióticos. Es la forma que tienen las bacterias de sobrevivir ante la exposición a un medio hostil. De hecho, algunos genes que confieren resistencia en algunas bacterias surgieron millones de años antes que los antibióticos. Sin embargo, el principal causante de la RAM es el uso indebido y excesivo de

los antibióticos en los seres humanos y los animales, así como en la agricultura. Las bacterias han demostrado tener gran adaptabilidad a los fármacos introducidos, observándose siempre resistencias a los pocos años de introducir un nuevo antibiótico. Como consecuencia, nos enfrentamos a un enemigo creciente con un armamento empobrecido.

En el grupo de prioridad crítica se incluyen las bacterias multirresistentes que son especialmente peligrosas en hospitales, residencias de ancianos y entre los pacientes que necesitan ser atendidos con dispositivos como ventiladores y catéteres intravenosos. Estas bacterias pueden causar infecciones graves y a menudo letales, como infecciones respiratorias y septicemias (cuando pasan al torrente sanguíneo). Otras bacterias, que exhiben farmacoresistencia creciente, figuran en las categorías de prioridad alta y media y provocan enfermedades más comunes como la gonorrea o intoxicaciones alimentarias (*Salmonella*, *Shigella* y *Campylobacter*).

**Tabla 1. Lista de bacterias resistentes prioritarias de la OMS para la investigación y el desarrollo (I+D) de nuevos antibióticos.**

Prioridad 1: CRÍTICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Acinetobacter baumannii</i>, resistente a carbapenemas.</li> <li>• Familia Enterobacteriaceae (<i>Klebsiella pneumoniae coli</i>, <i>Enterobacter spp.</i>, <i>Proteus spp.</i>, <i>Providencia spp.</i> y <i>Morganella spp.</i>), resistente a carbapenemas y cefalosporinas de 3ª generación.</li> <li>• <i>Mycobacterium tuberculosis</i>, multirresistente.</li> <li>• <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, resistente a carbapenemas.</li> </ul>
Prioridad 2: ALTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Enterococcus faecium</i>, resistente a vancomicina.</li> <li>• <i>Helicobacter pylori</i>, resistente a claritromicina</li> <li>• <i>Neisseria gonorrhoeae</i>, resistente a cefalosporinas de 3ª generación y fluoroquinolonas.</li> <li>• <i>Salmonella spp.</i>, resistente a fluoroquinolonas.</li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i>, resistente a metilicina y resistente e intermedio a vancomicina.</li> </ul>
Prioridad 3: MEDIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Haemophilus influenzae</i>, resistente a ampicilina.</li> <li>• <i>Shigella spp.</i>, resistente a fluoroquinolonas.</li> <li>• <i>Streptococcus pneumoniae</i>, resistente a penicilina.</li> </ul>

Fuente: <https://consultorsalud.com/fabricacion-mundial-de-antibioticos/>

## Mecanismos de resistencia de las bacterias a los antibióticos

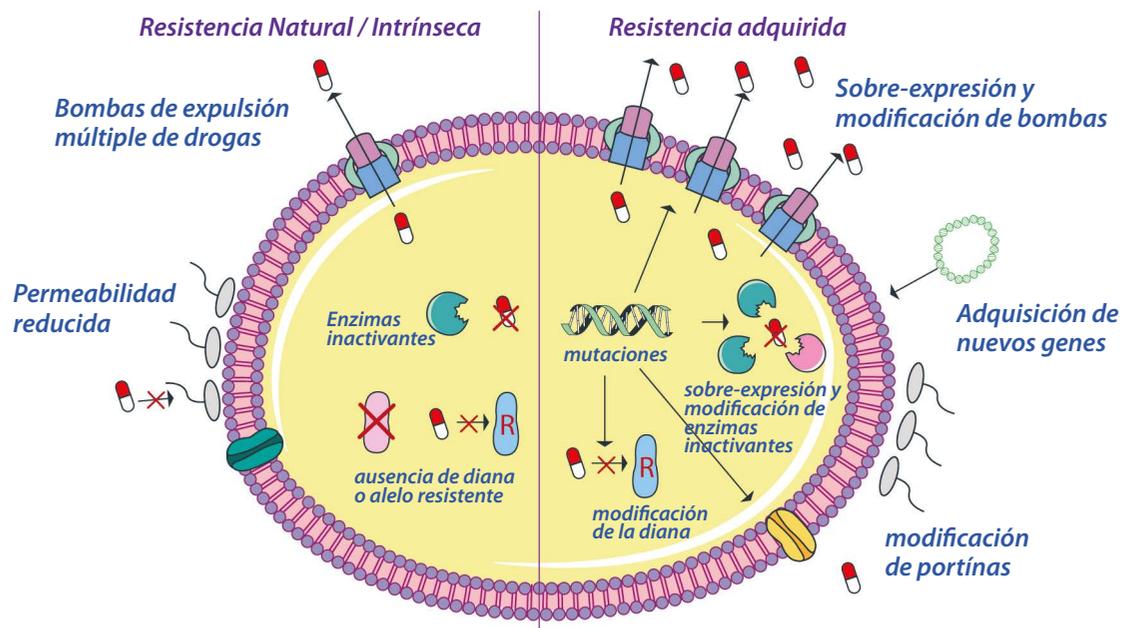
La generación de resistencias se ve propiciada y amplificada por muchos factores, como el uso inadecuado de antibióticos en medicina y en veterinarias, su uso con finalidades no terapéuticas y la contaminación ambiental por estos.

La resistencia de las bacterias a los antibióticos puede ser de dos tipos:

- Natural o intrínseca: la mayoría de las bacterias contienen genes propios que, de forma natural, causan algún tipo de resistencia a los antibióticos. Es un fenómeno específico de las bacterias y es utilizado como mecanismo de defensa. Esta puede producirse por particularidad de la pared bacteriana que impiden al antibiótico acceder al interior de la célula bacteriana, es el caso de las bacterias Gram negativas que son impermeables a la penicilina G. Si este logra traspasarla, puede ser expelido mediante bombas de expulsión, ser degradado por enzimas inactivantes o verse incapaz de unirse a su diana, por estar ausente o ser codificada por un alelo que produce un blanco

resistente. En otros casos, algunas bacterias como las micoplasmas no poseen la diana (una pared celular típica) y, por lo tanto, son resistentes a las penicilinas.

- Adquirida: ocurre cuando la resistencia solo aparece en algunas cepas de esa especie bacteriana. La adquirida es la forma de resistencia más habitual y puede ser por mutación o por la adquisición de nuevos genes (ref 2). El mecanismo de transferencia de genes entre bacterias permite una difusión rápida y extensa de la información genética. La transferencia se realiza horizontalmente, ya que se da con independencia de todo mecanismo de reproducción y se realiza a otras generaciones y también a otras especies bacterianas. De esta forma una bacteria puede adquirir la resistencia a uno o varios antibióticos sin necesidad de haber estado en contacto con estos. Es la resistencia que más preocupa a la comunidad científica por ser menos predecible que la resistencia intrínseca.



Principales mecanismos de resistencia natural o intrínseca y adquirida, en bacterias<sup>13</sup>.

13 Fuente: [https://www.researchgate.net/publication/363113312\\_La\\_pandemia\\_silenciosa\\_resistencia\\_bacteriana\\_a\\_los\\_antibioticos/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/363113312_La_pandemia_silenciosa_resistencia_bacteriana_a_los_antibioticos/figures?lo=1)

**Experiencia de aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades**

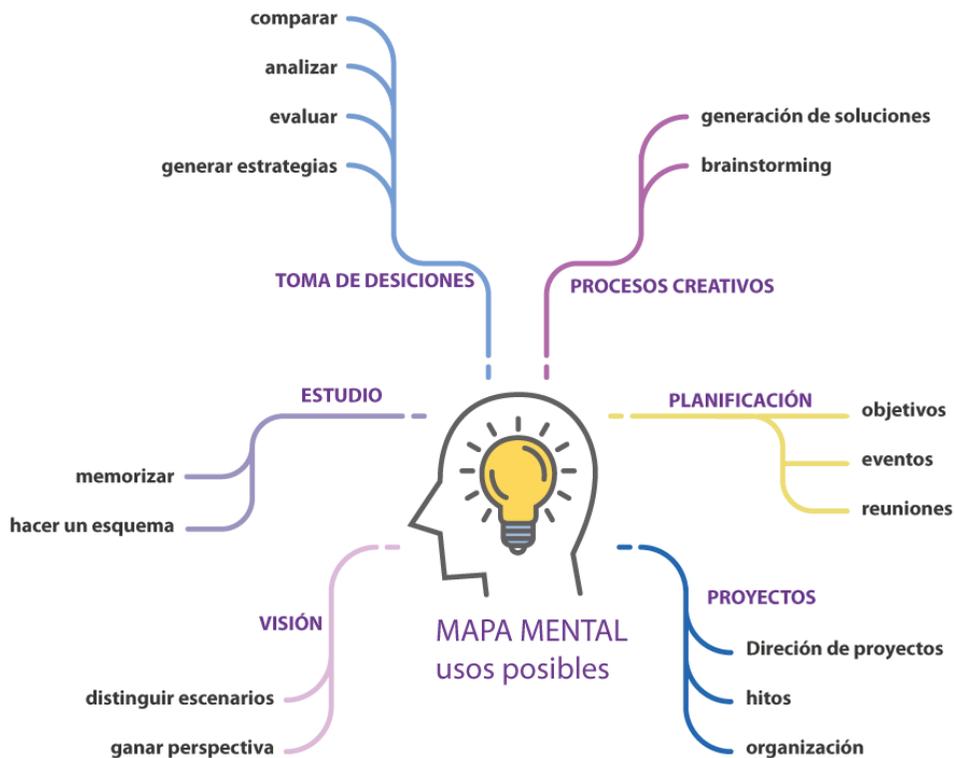
**ACTIVIDAD: GUÍA DE CONTENIDO (sesión 1)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

Para realizar un mapa mental puedes considerar los siguientes pasos.

Como paso inicial te sugiero leer el texto e identificar los conceptos e ideas que a tu parecer son los más importantes sobre el tema. Después sigue estos 5 pasos:

1. Coloca la idea central en el centro de la hoja. Recuerda que puedes utilizar palabras o dibujos; si decides esta última opción, te recomiendo acompañarla de una palabra clave.
2. Ramifica los conceptos importantes que surgen a partir del tema central. Pueden ser tantos como creas necesarios para explicar el tema. Por ejemplo: tema mapa mental y los subtemas podrían ser: ¿qué es?, características y ¿cómo se hace?
3. Establece un orden jerárquico de las ideas. Para ello coloca las ideas en el sentido de las manecillas del reloj y de adentro hacia afuera.
4. Utiliza líneas para unir los conceptos. Establece la relación entre el foco temático y el resto de las ideas desarrolladas.
5. Destaca las ideas enmarcándolas en alguna figura. Puedes utilizar óvalos o cuadrados, o bien resaltarlas con colores, imágenes o cualquier elemento que permita diferenciarlas entre sí y comprender la relación que hay entre ellas.



Ejemplo de diagrama representativo de un mapa mental

Fuente: <https://xn-designthinkingespa-d4b.com/mapa-mental-herramienta-design-thinking>

**Experiencia de aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades**

**ACTIVIDAD: REFLEXIONAR Y RESPONDER (sesión 2)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**Indicaciones:**

1. Forma un equipo de trabajo, según lo dispuesto por tu docente.
2. Leer noticia y reflexionar sobre las [consecuencias de los antibióticos](#) en el medioambiente.
3. Complementar información con infografía: resistencia de los antibióticos.
4. Para seguir ampliando la información, debes leer la Guía de contenido: Resistencia antimicrobiana impacta salud humana, de animales y medioambiente
5. A partir de la información contenida en el documento, la infografía y otros medios de búsqueda propia, debes elaborar un ensayo de investigación considerando lo siguiente:

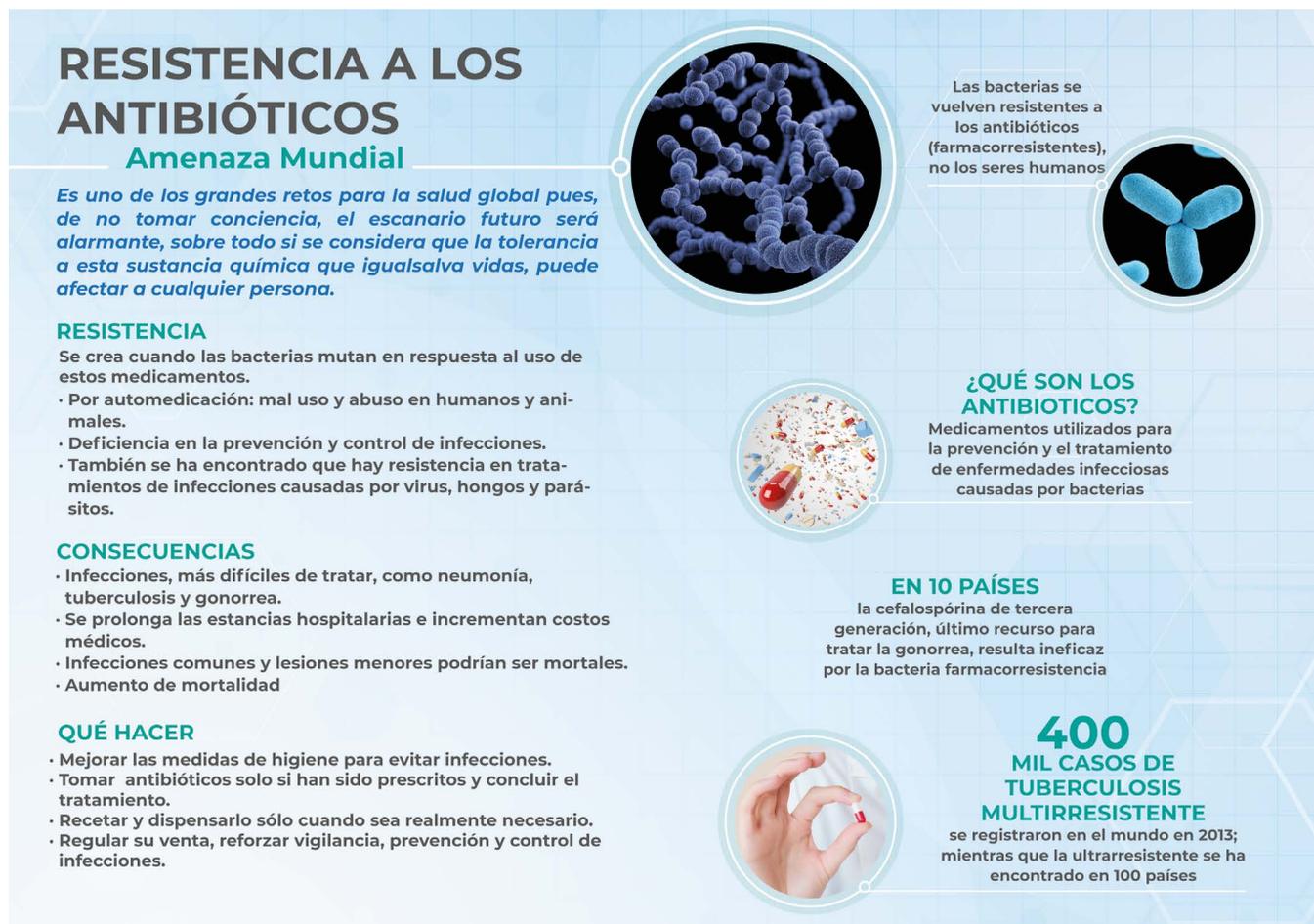


Figura 6: infografía resistencia a los antibióticos, elaboración propia.  
Fuente: <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Los-vertidos-de-antibioticos-danan-el-medio-ambiente>

**ACTIVIDAD: GUÍA DE CONTENIDO (sesión 2)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

**Resistencia antimicrobiana impacta salud humana, de animales y medioambiente**

La resistencia antimicrobiana afecta a las personas en quienes se genera la multirresistencia a antibióticos, e impacta al ecosistema y a la comunidad, ya que se excretan parte de ellos que después llegan a aguas residuales utilizadas en actividades agropecuarias.

Lo anterior genera efectos en la salud humana, veterinaria y el medioambiente.

En el tratamiento de aguas se ha visto que en los lodos utilizados para filtrarlas y purificarlas hay gran cantidad de antibióticos; muchos de esos lodos se usan en la parte agropecuaria y hasta los cultivos llegan medicamentos que logran tener actividad y se incorporan en algunas plantas.

Se han hecho estudios del impacto de los antibióticos en lodos residuales y se ha detectado que logran incorporarse en algunas plantas de consumo humano como la cebolla, la zanahoria, lechugas, el repollo.



**Emmanuelle Charpentier**  
Microbióloga y bioquímica

**Jennifer A. Doudna**  
Bioquímica

**Mujeres Científicas**

Las recientes ganadoras del Premio Nobel de Química, Emmanuelle Charpentier y Jennifer A. Doudna obtuvieron este galardón por desarrollar un método para la edición del genoma súper selectivo y preciso que se ha denominado CRISPR-Cas "las tijeras genéticas". "Es una promesa que requiere más inversión y conocimiento para usarlo a nuestro favor".

Figura 3. Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier por ganar el Premio Nobel de Química 2020.

La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), define a la resistencia antimicrobiana como una amenaza global para la salud pública, la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos, así como para la vida, la producción animal y el desarrollo económico y agrícola.

Este organismo estima que 700 mil personas mueren cada año por infecciones resistentes a los antimicrobianos y un número incalculable de animales enfermos pueden no responder a tratamientos.

Gabriela García Pérez jefa del Laboratorio de Microbiológica Molecular de la Facultad de Medicina de la UNAM, explicó que la resistencia antimicrobiana es un mecanismo que generan los microorganismos para sobrevivir a condiciones adversas como los medicamentos. Algunos adquieren esta resistencia de manera natural, en otros se desencadena por tratamientos médicos, cuando las personas no los concluyen y los microorganismos logran sobrevivir en presencia de antibióticos.

El problema se hace más grave cuando se trata de bacterias y virus que afectan tanto a humanos como animales, e impactan la actividad ganadera, veterinaria y al medio ambiente.

La lucha contra la resistencia antimicrobiana requiere de mayor investigación e inversión en este tipo de resultados, para la creación de nuevos fármacos, métodos de diagnóstico rápidos y eficientes, y tratamiento.

Por ejemplo, sobre los usos del mecanismo de defensa bacteriano de arqueas contra las infecciones virales, donde eficazmente reconocen al virus en un segundo contacto y lo pueden eliminar rápidamente (sistema de secuencias palíndromicas que se encuentran en bacterias y arqueas CRISPR-Cas).

La tecnología de CRISPR-Cas utilizada para editar el genoma de las células representa una posibilidad para disminuir las resistencias de los agentes microbianos. En Estados Unidos y Europa, también se atiende el grave problema de la resistencia antimicrobiana a partir de censar los virus que circulan en la época de influenza. “Cuando empiezan a circular ciertos virus que generan resistencias a determinados fármacos se utilizan otros. Pero se requiere de una inversión importante para monitorear las cepas que están circulando y los mecanismos de resistencia que se van generando”.

García Pérez pide a la población no automedicarse antibióticos y recordó que muchas infecciones de vías respiratorias no los requieren. Lo mejor es acudir al médico para saber si se trata de una infección viral o bacteriana, y seguir los tratamientos al pie de la letra. “Muchas de las infecciones virales requieren de descanso, no exponerse a bajas temperaturas y estar en contacto con un médico de cabecera”.

**Experiencia de aprendizaje 2: Influencia humana en el surgimiento de enfermedades****ACTIVIDAD: ¿CÓMO HACER UN INFORME CIENTÍFICO? (sesión 2)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**¿Cómo redactar un ensayo científico?**

Un ensayo científico, es un escrito relativamente breve, dedicado a un tema concreto que implica su profundización, discernimiento, y síntesis, donde el autor expresa su idea o punto de vista, a partir de una información objetiva recogida y presentada previamente.

De una forma más sencilla, es un escrito en el cual el autor expone sus ideas de forma organizada, o una composición donde el autor expone su interpretación personal sobre un tema en particular.

**Las tres claves:**

En primer lugar, tiene **libertad temática**. Un ensayo puede tratar cualquier aspecto; en nuestro caso,

cualquier tema científico. El contenido, por tanto, puede ser **muy variado**, pero destacando siempre su originalidad. Es decir, puede ser un tema ya tratado por otros autores, pero de **contenido propio, inédito**.

En segundo lugar, debe seguir una **estructura predeterminada**:

El tercer lugar, es **fundamental aportar la información bibliográfica** utilizada, siguiendo siempre los criterios para una correcta escritura.

**Título**

- Debe ser conciso, claro e informativo, además de atractivo.

**Resumen**

- Plantea la utilidad del tema tratado, cuáles serán los principales subtemas y conceptos abordados.

**Introducción**

- El autor brinda su postura y, de manera condensada, plantea cuáles son los puntos preliminares del tema.
- Da a conocer los interrogantes que buscará responder a lo largo del trabajo y detalla lo que se discutirá, los motivos por los que el tema es relevante y alguna conclusión anticipada.

**Desarrollo**

- Incluye el desarrollo minucioso del tema elegido. Expone el tema en profundidad y desarrolla la postura del autor y sus argumentos.
- Además, con distintos recursos argumentativos, compara las ideas propias con las de otros estudios, expone las evidencias que refuerzan su postura y plantea nuevos interrogantes.

**Conclusión**

- Compila los resultados y argumentos más trascendentes que se plantearon durante el desarrollo del trabajo.
- Además, se explica la metodología utilizada para arribar a las conclusiones y los campos de aplicaciones del estudio presentado en el texto.

**Experiencia de aprendizaje 3: Medios de dispersión de microorganismos****ACTIVIDAD: Investigación y análisis (sesión 1)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

**Indicaciones**

1. Analiza la pregunta ¿Por qué existen patologías que pueden adquirir los animales y los humanos? Comparte con tu docente y tu curso.
2. Luego, realiza una investigación sobre la formación de patologías que se han transmitido de animales a humanos y se han transformado en pandemias a nivel mundial Procura utilizar bibliografía confiable como, por ejemplo, lecturas científicas en GOOGLE ACADÉMICO.
3. A continuación, debes leer y analizar la Guía de contenido: ¿Cómo interactúan tus genes en el medioambiente?
  - La Guía de contenido te orientará en el uso de un software que permite

analizar y comparar los genomas de diferentes organismos y observar modelos de proteínas en 3D.

- Una vez leída y analizada, busca en la base de datos de genoma el siguiente Gen y haz una comparación con los organismos señalados.

**El gen a buscar: ACE2**

- Homo sapiens (humano)
- Mus musculus (ratón domestico)
- Macaca mulatta (macaco Rhesus)
- Canis lupus familiaris (perro)
- Rhinolphus ferrumequinum (murciélago grande de herradura).

**Experiencia de aprendizaje 3: Medios de dispersión de microorganismos****ACTIVIDAD: GUÍA DE CONTENIDO (sesión 1)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

**¿Cómo interactúan tus genes y el medioambiente?**

La mayoría de las enfermedades comunes son el resultado tanto de tus genes como de tu entorno. El entorno puede incluir elecciones personales, como qué alimentos comes y cuánto ejercicio realizas, y factores externos, como el estrés, el agua limpia y la calidad del aire. Solo un pequeño número de enfermedades son el resultado de una única mutación en un gen. Ejemplos de estos trastornos de un solo gen son la enfermedad de Huntington y Tay Sachs. La mayoría de las enfermedades, especialmente las enfermedades comunes, son una combinación de tu riesgo genético y tu entorno.

Muchas enfermedades comunes están relacionadas con exposiciones ambientales, incluidas el cáncer, asma,

alergias, afecciones neurodegenerativas, trastornos del desarrollo y enfermedades neurológicas. Es probable que el cambio climático y las nuevas tendencias en el comportamiento humano exacerben los riesgos ambientales existentes y creen otros nuevos.

Interacción gen-ambiente. Las interacciones gen-ambiente son situaciones en las que el impacto de una exposición ambiental sobre el riesgo de enfermedad es diferente para personas con diferentes genotipos o, por el contrario, situaciones en las que el impacto de un genotipo sobre el riesgo de enfermedad es diferente en personas con diferentes exposiciones ambientales. Los estudios de las interacciones gen-ambiente pueden proporcionar información sobre los mecanismos

biológicos de la enfermedad y podrían tener implicaciones para la salud pública.

Un ejemplo de una interacción gen-ambiente implica el gen NAT2, el tabaquismo como factor ambiental y el cáncer de vejiga. Fumar tabaco es un factor de riesgo conocido para el cáncer de vejiga. Según la Sociedad Estadounidense del Cáncer, los fumadores tienen al menos tres veces más probabilidades de contraer

cáncer de vejiga que los no fumadores. Los fumadores con una variante en NAT2 tienen un riesgo mucho mayor de cáncer de vejiga en comparación con los fumadores con una variante diferente. En otras palabras, es la combinación, o interacción, del factor genético (variación de NAT2) y el factor ambiental (conducta de tabaquismo) lo que determina la enfermedad, el riesgo de cáncer de vejiga.

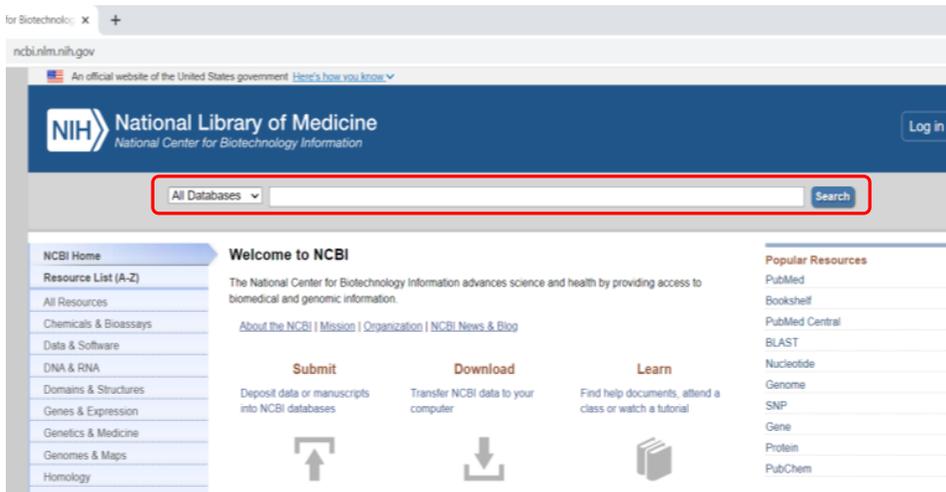
### Experiencia de Aprendizaje 3: Medios de dispersión de microorganismos

#### ACTIVIDAD: ¿Cómo utilizar base de datos del genoma? (sesión 1)

##### Indicaciones:

- 1. En un computador, debes de acceder a la siguiente página: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- 2. Seguir los pasos a continuación.

Como realizar el alineamiento de secuencias de genomas



**Paso 1**  
Ingresar a:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>  
y en el buscador rojo



**Paso 2**  
Click en ortólogos.  
Esto permitirá buscar los genes ortólogos de la proteína (ACE2) significa genes semejantes en diferentes especies)

Results found in 31 databases

GENE Was this helpful?  

**ACE2 – angiotensin converting enzyme 2**

*Homo sapiens* (human)

Also known as: ACEH

Gene ID: 59272

RefSeq transcripts (6) RefSeq proteins (6) RefSeqGene (2) PubMed (1,011)

**Orthologs** Genome Data Viewer BLAST Download

**Genes** Literature

355 genes for: Craniata

Add to cart **Protein alignment** Download

5 selected

Species	Gene	Architecture	aa	Previous	Next
<input checked="" type="checkbox"/> Homo sapiens human	ACE2 angiotensin converting enzyme 2		805		
<input checked="" type="checkbox"/> Mus musculus house mouse	Ace2 angiotensin I converting enzyme (peptidyl-dipeptidase A) 2		805		
<input type="checkbox"/> Rattus norvegicus Norway rat	Ace2 angiotensin I converting enzyme 2		805		
<input type="checkbox"/> Danio rerio zebrafish	ace2 angiotensin I converting enzyme 2		818		

**Paso 3**

Seleccionar las especies requeridas o indicadas. Hacer clic en alineamiento de proteínas, esto permite realizar el alineamiento de las secuencias seleccionadas.

**Genes** Literature

355 genes for: Craniata

Add to cart **Protein alignment** Download

5 selected

**Protein alignment** ✕

one sequence per gene (5)

all sequences per gene (13)

**Align**

Species	Gene	Architecture	aa	Previous	Next
<input checked="" type="checkbox"/> Homo sapiens human	ACE2 angiotensin converting enzyme 2		805		
<input checked="" type="checkbox"/> Mus musculus house mouse	Ace2 angiotensin I converting enzyme (peptidyl-dipeptidase A) 2		805		

**Paso 4**

Realizar el alineamiento. Se puede realizar el alineamiento solo de especies seleccionadas o del total de las especies.

**COBALT** Constrain

COBALT computes a multiple protein sequence ali

Enter Query Sequences

Enter at least 2 protein accessions, gis, or FASTA sequences Clear

```
NP_001358344.1
NP_081562.2
XP_032963186.1
NP_001129168.1
NP_001158732.1
```

Or, upload FASTA file Seleccionar archivo Sin archivos...leccionados

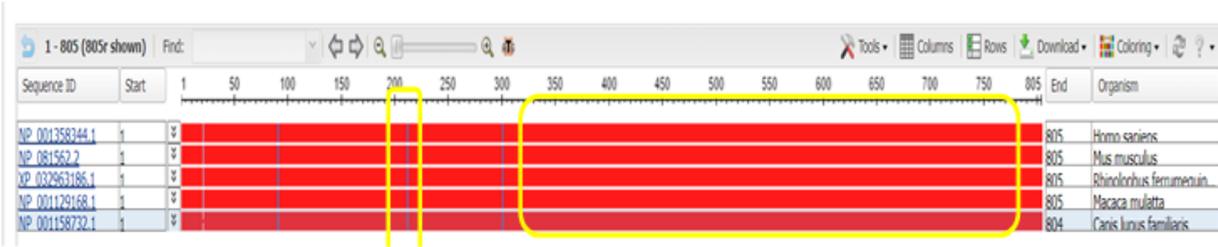
Job Title

**Align**  Show results in a new window

▶ Advanced parameters

**Paso 5**

Aparecerá un cuadro con números de acceso en el orden seleccionado. Hacer clic en alineamiento.



**Alignments**  Select All **Re-align** Mouse over the sequence identifier for sequence title

View Format: **Compact** Conservation Setting: **2 Bits**

<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_001358344.1</a>	1	MSSSSWLLSLVAVTAAQSTIEEQAKTFLDKFNHEAEDLFYQSSLASWNYNTNITEENVQNMNINAGDKWSAFLEQSTLA	80
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_081562.2</a>	1	MSSSSWLLSLVAVTTAQSLEENAKTFLNINFNQEAEDLSYQSSLASWNYNTNITEENAKMSEAAAKWSAFYEEQSKTA	80
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">XP_032963186.1</a>	1	MSGSSWLLSLVAVTAAQSTTEDLAKKFLDDFNSEAEENLSHQSSLASWNYNTNISDENVQKMDGAKWSDFYKQSKLA	80
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_001129168.1</a>	1	MSSSSWLLSLVAVTAAQSTIEEQAKTFLDKFNHEAEDLFYQSSLASWNYNTNITEENVQNMNINAGDKWSAFLEQSTLA	80
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_001158732.1</a>	1	MSSSSWLLSLAALTAQST-EDLVKTFLEKFNVEAEELSYQSSLASWNYNTNITDENVQKMNINAGAKWSAFYEEQSKLA	79
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_001358344.1</a>	81	QMYPLQEIQNLTVKLQLQALQNGSSVLSDEKSKRLNLTILNMTIYSTGKVCNPNPQECLELLLEPGLNEIMANSLDYNE	160
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_081562.2</a>	81	QSFSLQEIQTP IIKRQLQALQNGSSVLSADKNKQLNLTILNMTIYSTGKVCNPNPQECLELLLEPGLDEIMATSDYNS	160
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">XP_032963186.1</a>	81	KNFSLLEEIHNDTVKLLQLQALQNGSSVLSDEKSKRLNLSILNAMSTIYSTGKVCNPNPQECLELLLEPGLDNIEMTSKDYNE	160
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_001129168.1</a>	81	QMYPLQEIQNLTVKLQLQALQNGSSVLSDEKSKRLNLTILNMTIYSTGKVCNPNPQECLELLLEPGLNEIMEKSLDYNE	160
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">NP_001158732.1</a>	80	KTYPLEEIQDS TVKRLRALQHSVLSADKNQRLNLTILNMTIYSTGKACNPNPQECLELLLEPGLDDIMENSKDYNE	159

### Paso 6

Aparecerá todas las secuencias alineadas, en rojo se observan la similitud mientras que las líneas azules indican las diferencias dentro de las secuelas. Al bajar en la página se podrá observar la secuencia de todas las secuencias en la simbología de aminoácidos.

## Cómo observar la estructura 3D de una proteína.

Seguir las indicaciones:

Ir a la página: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/structure?db=Structure>

ncbi.nlm.nih.gov/structure?db=Structure

An official website of the United States government [Here's how you know](#)

**NIH** National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information Log in

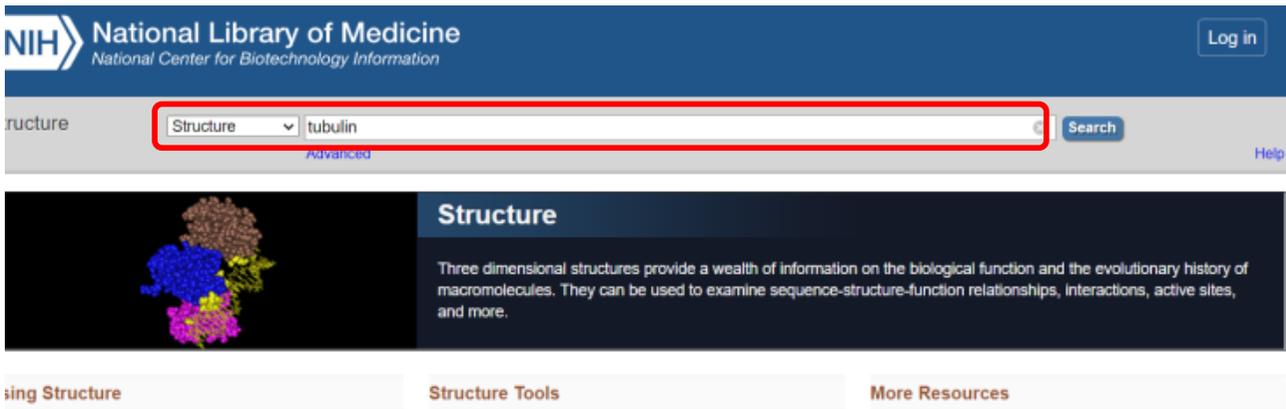
Structure   Advanced Help

**Structure**

Three dimensional structures provide a wealth of information on the biological function and the evolutionary history of macromolecules. They can be used to examine sequence-structure-function relationships, interactions, active sites, and more.

<p><b>Using Structure</b></p> <p><a href="#">Search</a></p> <p><a href="#">How to (Quick Start) Guides</a></p> <p><a href="#">Help</a></p> <p><a href="#">News</a></p> <p><a href="#">FTP</a></p> <p><a href="#">Publications</a></p> <p><a href="#">Discover</a></p>	<p><b>Structure Tools</b></p> <p><a href="#">Macromolecular Resources Overview</a></p> <p><a href="#">iCn3D (web-based 3D viewer)</a></p> <p><a href="#">Cn3D (3D viewer application)</a></p> <p><a href="#">IBIS</a></p> <p><a href="#">VAST</a></p> <p><a href="#">VAST+</a></p>	<p><b>More Resources</b></p> <p><a href="#">PDB</a></p> <p><a href="#">Protein</a></p> <p><a href="#">COD</a></p> <p><a href="#">PubChem</a></p> <p><a href="#">NCBI Structure Group Resources &amp; Research</a></p>
---	--	---

Ingresar el código PDB o el nombre de la proteína en el cuadro de búsqueda y presione el botón Ir.



NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Structure Structure tubulin Search

Structure

Three dimensional structures provide a wealth of information on the biological function and the evolutionary history of macromolecules. They can be used to examine sequence-structure-function relationships, interactions, active sites, and more.

Using Structure Structure Tools More Resources

Hacer clic en la imagen de estructura para acceder a su página de registro.

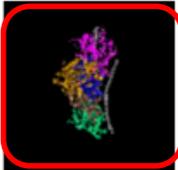


Structure Structure tubulin  
Create alert Advanced

Summary 20 per page Sort by Default order

Search results

Items: 1 to 20 of 1007 << First < Prev Page 1

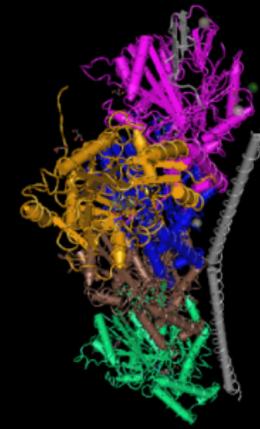
1.  [Crystal structure of tubulin-RB3-TTL-Zampanolide complex\[CELL CYCLE\]](#)  
Taxonomy: Bos taurus, Rattus norvegicus, Gallus gallus  
Proteins: 6 Chemicals: 26 modified: 2018-11-17  
MMDb ID: 106953 PDB ID: 4I4T  
[View in iCn3D](#) [Similar Structures](#) [PubMed](#) [Proteins](#) [Conserved Domains](#) [PubChem Compound](#)

Desplazarse a la sección de gráficos moleculares y hacer clic en el icono giratorio para cargar una vista interactiva de la estructura dentro de la página web.

Biological Unit for 4I4T: hexameric; determined by author

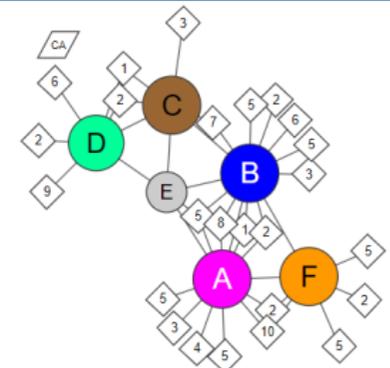
Biological Unit
Asymmetric Unit
?

**Molecular Graphic** ?



**3D view** full-featured 3D viewer

**Interactions** ?



Drag symbols to move  
Double click symbols to explore molecules  
Show chemicals

**Download Structure Data** ?

Download

Format: ASN 1 (Cn3D) v

Data Set: Single 3D structure v

[Download Cn3D](#)

**Experiencia de aprendizaje 3: Medios de dispersión de microorganismos****ACTIVIDAD: INFORME CIENTÍFICO (sesión 2)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

**Indicaciones**

1. A partir de la actividad anterior y de forma individual, redacta un informe científico sobre genes y patologías zoonóticas.

Para complementar información puedes utilizar lo siguiente: Noticia sobre [enfermedades zoonóticas](#):

**Lecturas científicas:**

**Barrantes Jiménez, K.; Chacón Jiménez, L., & Arias Andrés, M. (2021).**

[El impacto de la resistencia a los antibióticos](#) en el desarrollo sostenible. Población y salud en Mesoamérica, 19(2), 305–329..

**Del Puerto Rodríguez, A. M.; Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014).**

[Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente](#) y la salud. Revista cubana de higiene y epidemiología, 52(3), 372–387.

**González Ulibarry P. (2019).**

[Efecto de los plaguicidas sobre la salud humana.](#) Exposición e impactos.

2. Puedes utilizar el material de la clase anterior y seguir profundizando en la temática. Recuerda tener presente la pregunta inicial planteada la clase anterior: ¿Por qué existen patologías que pueden adquirir los animales y los humanos?

**¿Cómo redactar un informe científico?**

Un ensayo científico, es un escrito relativamente breve, dedicado a un tema concreto que implica su profundización, discernimiento, y síntesis, donde el autor expresa su idea o punto de vista, a partir de una información objetiva recogida y presentada previamente.

De una forma más sencilla, es un escrito en el cual el autor expone sus ideas de forma organizada, o una composición donde el autor expone su interpretación personal sobre un tema en particular.

1. Tiene libertad temática. Un ensayo puede tratar cualquier aspecto; en nuestro caso, cualquier tema científico. El contenido, por tanto, puede ser muy variado, pero destacando siempre su originalidad. Es decir, puede ser un tema ya tratado por otros autores, pero de contenido propio, inédito.
2. Debe seguir una estructura predeterminada:
3. Es fundamental aportar al final toda la información bibliográfica que se ha utilizado, siguiendo siempre los criterios para su correcta escritura.

Título	<i>Debe ser conciso, claro e informativo, además de atractivo.</i>
Resumen	<i>Plantea la utilidad del tema tratado, cuáles serán los principales subtemas y conceptos abordados.</i>
Introducción	<i>El autor brinda su postura y, de manera condensada, plantea cuáles son los puntos preliminares del tema. Da a conocer los interrogantes que buscará responder a lo largo del trabajo y detalla lo que se discutirá, los motivos por los que el tema es relevante y alguna conclusión anticipada.</i>
Desarrollo	<i>Incluye el desarrollo minucioso del tema elegido. Expone el tema en profundidad y desarrolla la postura del autor y sus argumentos. Además, con distintos recursos argumentativos, compara las ideas propias con las de otros estudios, expone las evidencias que refuerzan su postura y plantea nuevos interrogantes.</i>
Conclusión	<i>Compila los resultados y argumentos más trascendentes que se plantearon durante el desarrollo del trabajo. Además, se explica la metodología utilizada para arribar a las conclusiones y los campos de aplicaciones del estudio presentado en el texto.</i>

## Experiencia de Aprendizaje 4: El ADN y la resistencia bacteriana

### ACTIVIDAD: LECTURA Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN (sesión 1)

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

#### Indicaciones

1. Lee la Guía de contenido Dogma de la biología molecular.
2. A partir de su contenido, responde lo siguiente:
  - a. Enumere los tipos de ARN y las características y funciones de cada uno.
  - b. Explique qué son las modificaciones postranscripción y postraducción, su importancia, indicar un ejemplo de cada una de ellas y cómo las células se aseguran de que se lleven a cabo.
  - c. Explique por qué es importante para la célula mantener un “control de calidad” estricto sobre el proceso de flujo de la información genética

## Experiencia de aprendizaje 4: El ADN y la resistencia bacteriana

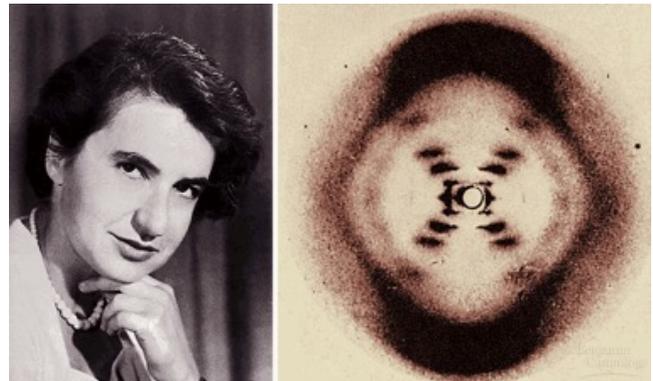
### ACTIVIDAD: GUIA DE CONTENIDO (sesión 1)

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

#### Dogma central de la biología molecular

El inicio del modelo estructural del ADN se lo debemos los estudios realizados por Rosalind Elsie Franklin, quien a través de sus experimentos con difracción por rayos X logra la primera imagen de la molécula de ADN de tipo B, la famosa “fotografía 51” (Figura 1). Al parecer la filtración de las investigaciones de Franklin llegó a manos de Watson y Crick, quienes fueron galardonados con el Nobel por publicar la estructura tridimensional del ADN como una doble cadena en hélice y antiparalela de polinucleótidos.

En 1953, Watson y Crick describen la estructura del ADN, que está localizado en el núcleo de la célula, y que unos años antes se había confirmado como el responsable de transmitir la información de los caracteres hereditarios. Esta estructura está conformada por dos largas cadenas formadas por cuatro nucleótidos diferentes. Cada nucleótido está constituido de un grupo fosfato, un azúcar (desoxirribosa) y una base nitrogenada. Una cadena de ADN está conformada por millones de nucleótidos.



*Rosalind Franklin es considerada una de las más grandes mujeres científicas de la historia.*

Figura 4. Rosalind Franklin y fotografía 51.

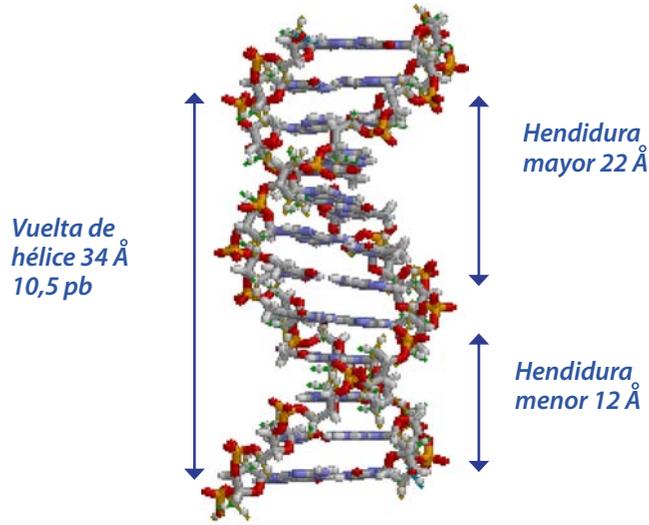


Figura 5. Estructuras simplificadas de los 4 nucleótidos y fragmento de ADN

Fuente: Modificada desde: [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Hendiduras\\_mayor\\_menor.png](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Hendiduras_mayor_menor.png)

Cuando se va a realizar la síntesis de una proteína, el ADN, debe ser transcrito a ARN. El ARN es similar al ADN. Las diferencias son el tipo de azúcar (ribosa), uracilo en lugar de timina y está formado por una sola cadena. El ARN tiene propiedades características que le permiten

estar con el citoplasma de la célula. El ARN es el mensaje que debe ser leído en el ribosoma (estructura celular descubierta en 1955) para poder sintetizar las proteínas necesarias.

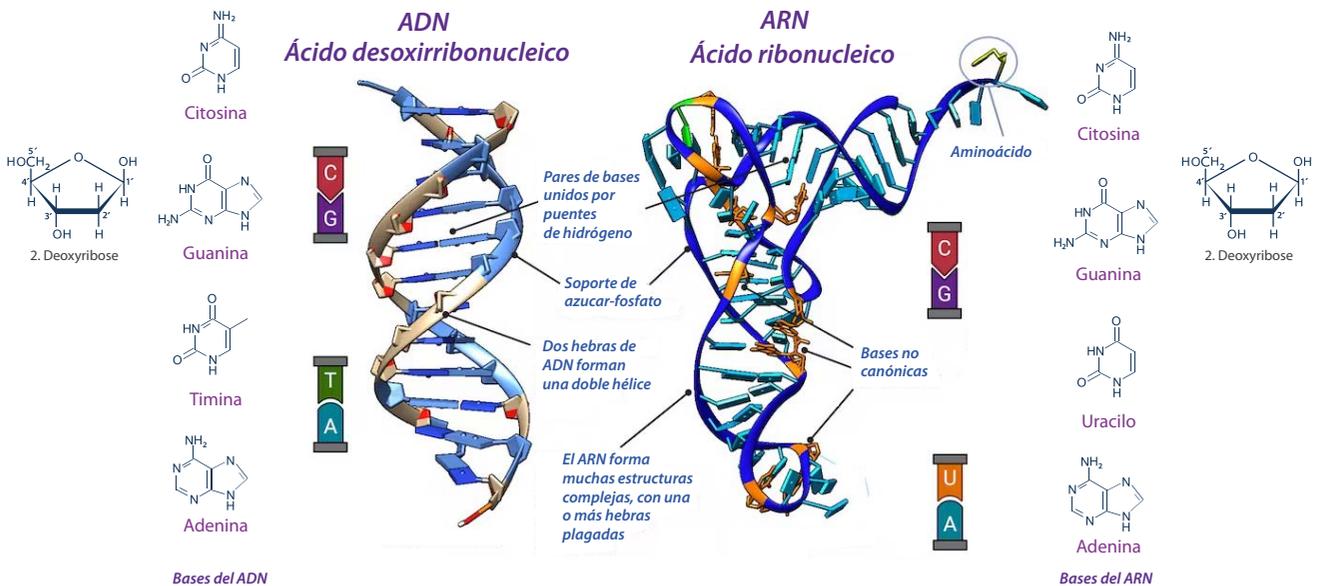


Figura 6. Diferencias entre ADN y ARN

Fuente: <https://theconversation.com/nuevas-evidencias-sobre-el-mundo-arn-un-poco-mas-cerca-de-entender-el-origen-de-la-vida-183294>

### ¿Qué es el dogma central de la biología molecular?

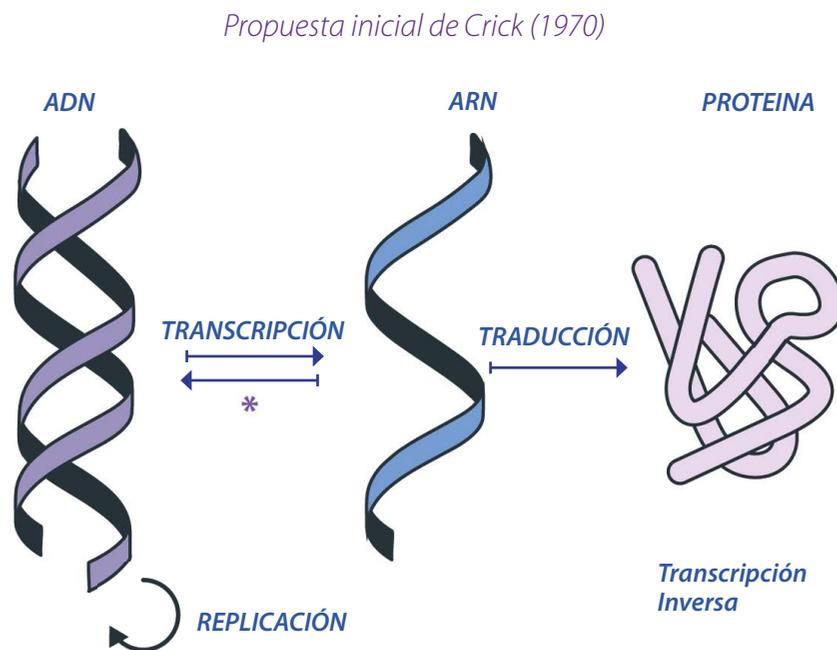
El dogma central de la biología molecular describe el flujo de la información genética, es decir, cómo la información almacenada en el ADN proporciona las instrucciones para sintetizar una proteína.

#### Expresión genética

Los genes son fragmentos de la molécula del ADN con una secuencia de nucleótidos específica. Son estos

genes los que proporcionan las instrucciones para la síntesis de una proteína, que son las encargadas de realizar las funciones en la célula. El proceso mediante el cual los genes dan lugar a la síntesis de una proteína se denomina expresión genética.

Los procesos que engloban el dogma de la biología molecular están representados en la Figura 1 y son los siguientes:



#### Dogma central de la biología molecular.

Fuente: <https://www.tododiagnostico.com/diagnostico/historia-de-la-biologia-molecular/>

#### Replicación

Es el proceso por el cual se copia cada cadena de ADN para dar origen a una nueva cadena de ADN complementaria. Esto ocurre en cada división celular y asegura que la información genética sea transmitida a ambas células hijas. La síntesis de ADN involucra la acción altamente coordinada de muchas proteínas que se encuentran en un complejo denominado replisoma. Durante la replicación cada cadena de ADN sirve como molde para la formación de una nueva cadena. Esto se conoce como replicación semiconservadora. También existe replicación durante la recombinación y la reparación del ADN dañado.

La replicación del ADN comienza en una secuencia de nucleótido particular en el cromosoma: el origen de la replicación. Ocurre bidireccionalmente por medio de dos horquillas de replicación que se mueven en direcciones opuestas. Las enzimas helicasas desenrollan la doble hélice de cada horquilla de replicación y proteínas de unión a cadena simple estabilizan las cadenas separadas. Otras enzimas, las topoisomerasas, relajan el superenrollamiento de la hélice, ya que cortan las cadenas por delante de las horquillas de replicación y luego las vuelven a unir.

Para que pueda comenzar la replicación se necesita una secuencia de cebador de ARN sintetizado por las enzimas ARN primasa, con sus bases correctamente apareadas con la cadena molde. La adición de nucleótidos de ADN a la cadena es catalizada por las ADN polimerasas. Estas enzimas sintetizan nuevas cadenas sólo en la dirección 5' a 3', añadiendo nucleótidos uno a uno al extremo 3' de la cadena creciente.

La replicación de la cadena adelantada es continua, pero la replicación de la cadena rezagada es discontinua. En la cadena rezagada, fragmentos de Okazaki se sintetizan

en la dirección 5' a 3'. Cuando un fragmento de Okazaki ha crecido lo suficiente como para encontrar a un cebador de ARN por delante de él, otra ADN polimerasa reemplaza a los nucleótidos de ARN del cebador con nucleótidos de ADN. Luego, la ADN ligasa conecta cada fragmento con el fragmento contiguo recién sintetizado en la cadena. En el proceso de replicación del ADN se pierden nucleótidos en los extremos de las moléculas de ADN lineales. En algunas células eucarióticas, esta pérdida es compensada por la actividad de la enzima telomerasa.

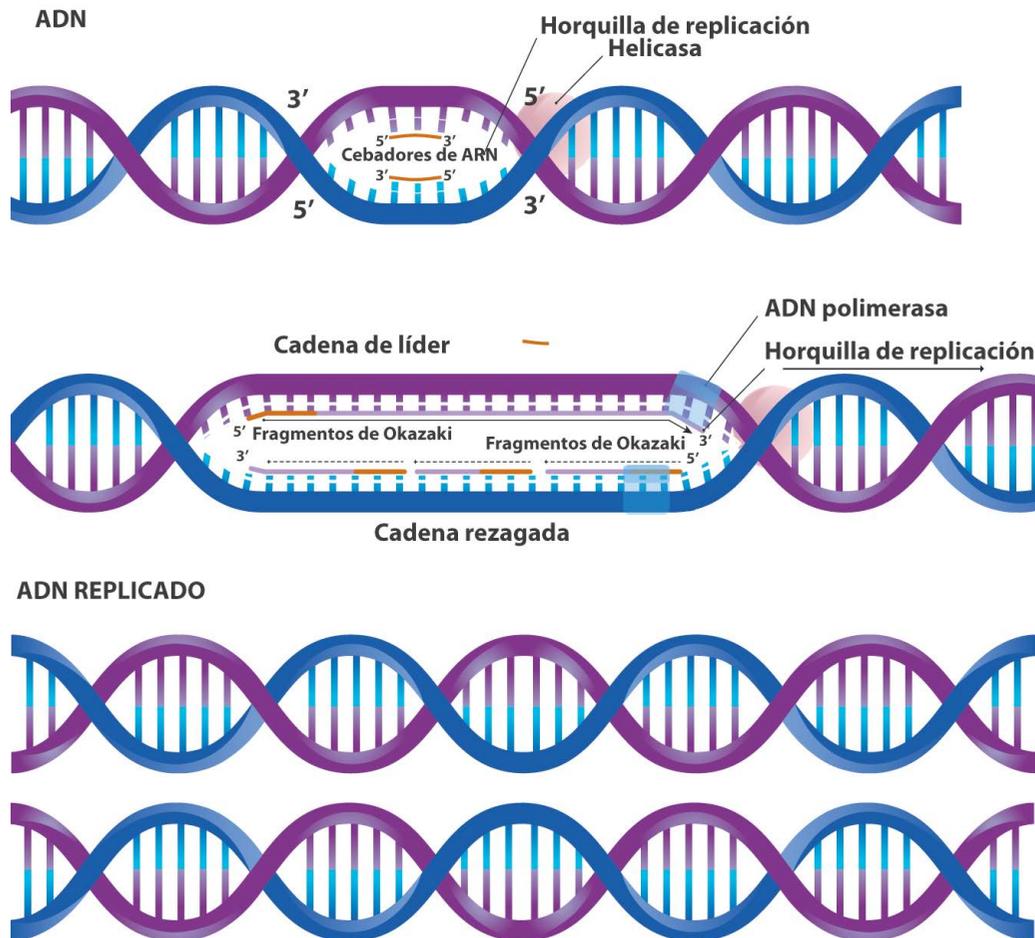


Figura 8. Proceso de replicación de ADN.

Fuente: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Replicacion-de-ADN>

En el curso de la síntesis de ADN, la ADN polimerasa corrige los errores, retrocediendo cuando es necesario para eliminar nucleótidos que no estén correctamente apareados con la cadena molde. Otros errores en el ADN ocurren en forma independiente del proceso de replicación y, usualmente, son reparados por distintos mecanismos. Los nucleótidos, antes de ser incorporados a las cadenas crecientes de ADN, se encuentran en forma de trifosfatos. La energía requerida para impulsar la replicación proviene de la eliminación de dos fosfatos “supernumerarios” y la degradación del enlace P~P.

### Transcripción

La transcripción consiste en la síntesis de ARN tomando como molde ADN y significa el paso de la información

contenida en el ADN hacia el ARN. La transferencia de la información del ADN hacia el ARN se realiza siguiendo las reglas de complementariedad de las bases nitrogenadas y es semejante al proceso de transcripción de textos, motivos por el que ha recibido este nombre. El ARN producto de la transcripción recibe el nombre de transcrito.

La transcripción es la primera parte del dogma central de la biología molecular: ADN → ARN. Es la transferencia de instrucciones genéticas en el ADN al ARN mensajero (ARNm). Durante la transcripción, se crea una hebra ARNm que es complementaria a la hebra de ADN.

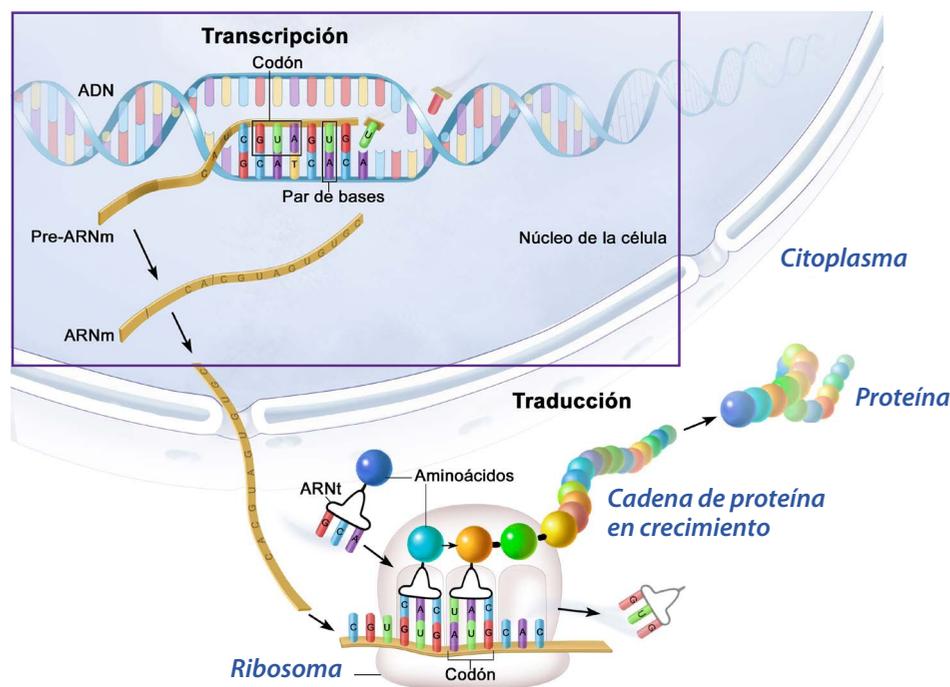


Figura 9. Proceso de transcripción del ADN.

Fuente: <https://nci-media.cancer.gov/pdq/media/images/791096.jpg>

### Pasos de la transcripción

**La transcripción ocurre en tres pasos: iniciación, elongación y terminación.**

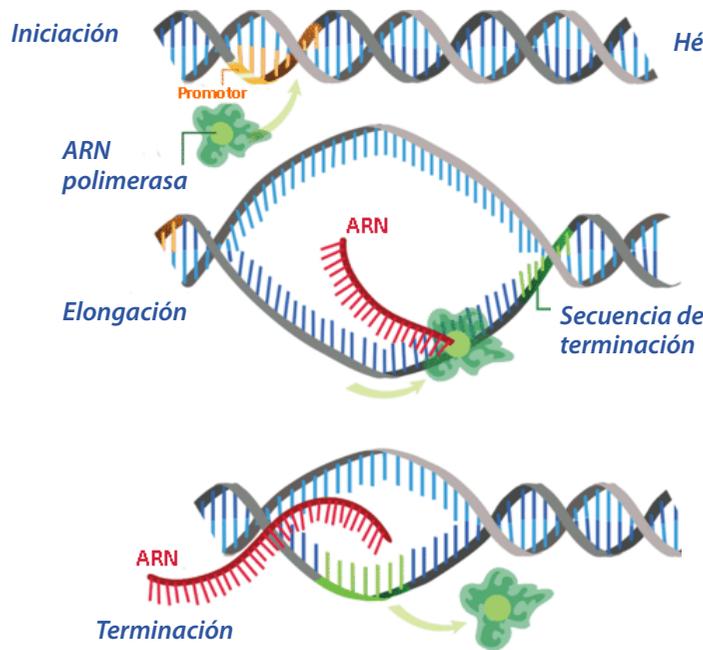
1. Iniciación: es el inicio de la transcripción. Ocurre cuando la enzima ARN polimerasa se une a una región de un gen llamado promotor. Esto le indica al ADN que se desenrolle para que

la enzima pueda “leer” las bases en una de las hebras de ADN. La enzima está ahora lista para crear una hebra de ARNm con una base complementaria de bases.

2. **Elongación:** es la adición de nucleótidos a la hebra de ARNm. La ARN polimerasa lee la hebra desenrollada de ADN y construye la molécula de ARNm, usando pares de bases complementarias. Hay un breve momento durante este proceso en que la nueva molécula de ARN está unida al ADN desenrollado. Durante este proceso, una

adenina (A) en el ADN se une a un uracilo (U) en el ARN.

3. **Terminación:** es el término de la transcripción, y ocurre cuando la ARN polimerasa cruza una secuencia de terminación en el gen. La hebra de ARNm está completa y se separa del ADN.



*Figura 10. Pasos de la transcripción. La transcripción ocurre en tres pasos (iniciación, elongación y terminación)*

Fuente: <https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-biolog%C3%ADA/section/4.5/>

### **Traducción**

La traducción implica “decodificar” un mensaje del ARN mensajero (ARNm) y utilizar su información para construir un polipéptido o cadena de aminoácidos. En la mayoría de los casos, un polipéptido no es más que una proteína (con la diferencia técnica de que algunas proteínas grandes se conforman de varias cadenas de polipéptidos).

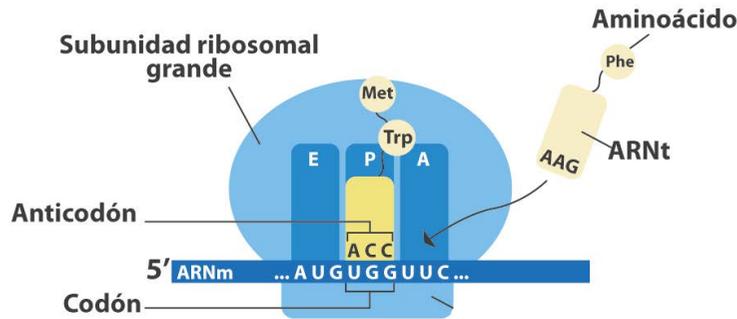
### **El código genético**

En un ARNm, las instrucciones para construir un polipéptido vienen en grupos de tres nucleótidos llamados codones.

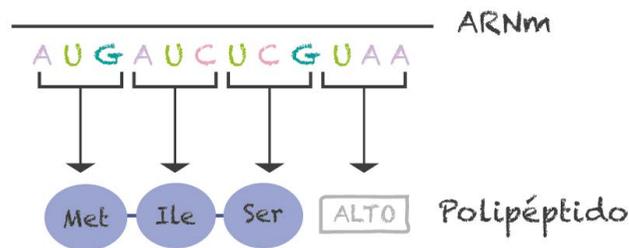
### **De los codones a los aminoácidos**

En la traducción, los codones de un ARNm se leen en orden (del extremo 5’ al extremo 3’) mediante moléculas llamadas ARNs de transferencia (ARNt).

Cada ARNt tiene un anticodón, un conjunto de tres nucleótidos que se une a un codón de ARNm correspondiente a través del apareamiento de bases. El otro extremo del ARNt lleva el aminoácido que especifica el codón.



Los ARNt se unen a los ARNm dentro de una estructura de proteína y ARN llamada ribosoma. A medida que los ARNt entran a los espacios en el ribosoma y se unen a los codones, sus aminoácidos se unen a la cadena de polipéptidos creciente en una reacción química. El resultado final es un polipéptido cuya secuencia de aminoácidos refleja la secuencia de codones en el ARNm.



### **Traducción: comienzo, desarrollo y final**

La traducción al igual que una película tiene tres partes principales: comienzo, un desarrollo y un final, pero en la traducción tiene nombres más elegantes: iniciación, elongación y terminación.

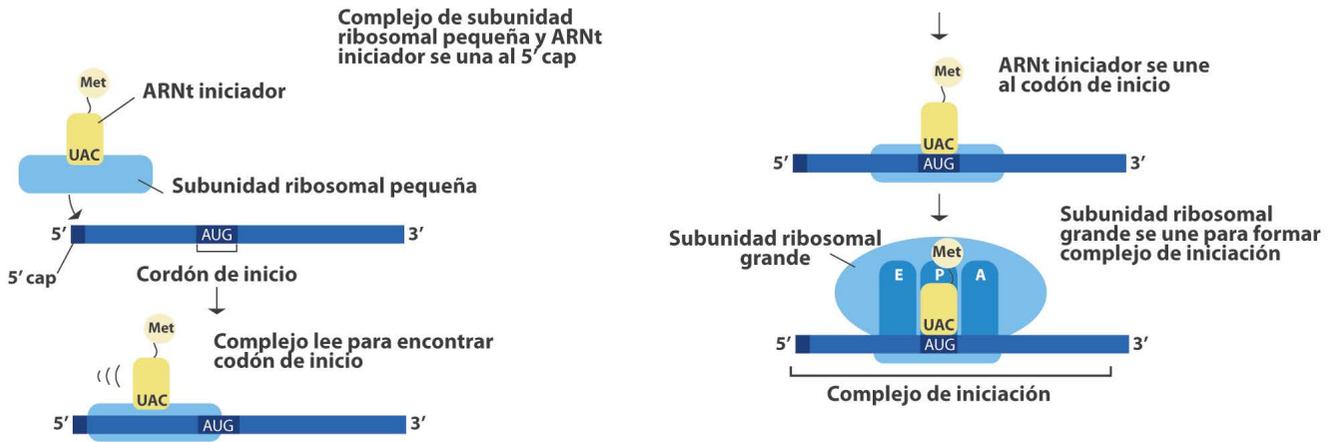
1. **Iniciación:** en esta etapa el ribosoma se reúne con el ARNm y el primer ARNt para que pueda comenzar la traducción.
2. **Elongación:** en esta etapa los ARNt traen los aminoácidos al ribosoma y estos se unen para formar una cadena.
3. **Terminación:** en esta última etapa el polipéptido terminado es liberado para que vaya y realice su función en la célula.

**Iniciación:** para que pueda comenzar la traducción, necesitamos unos cuantos ingredientes clave, estos son:

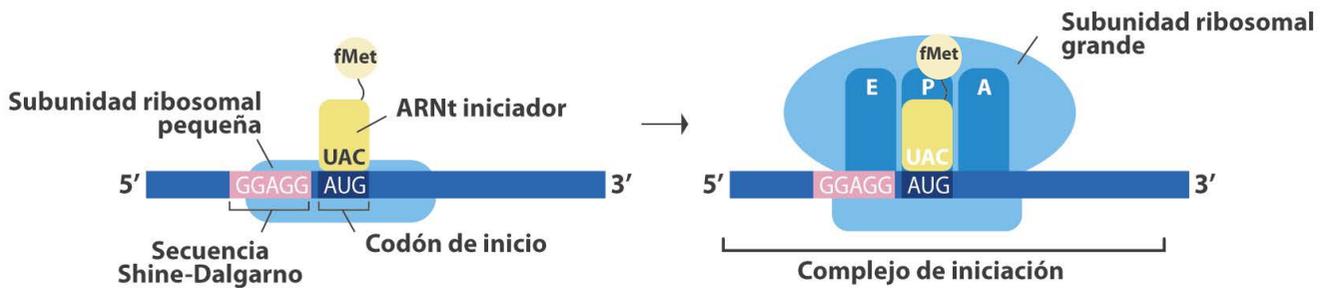
1. Ribosoma.
2. ARNm con las instrucciones para la proteína que se va a construir.
3. ARNt "de inicio" que lleva el primer aminoácido de la proteína, que casi siempre es metionina (Met). Durante la iniciación, estas piezas deben reunirse justo de la forma correcta. Juntas, forman el complejo de iniciación, el ensamblaje molecular para comenzar a fabricar una nueva proteína. Dentro de tus células, la iniciación de la traducción sucede así:

Primero, el ARNt que lleva metionina se une a la subunidad ribosomal pequeña. Juntos, se unen al extremo 5' del ARNm, al reconocer el casquete de GTP 5' (que se agregó durante el procesamiento en el núcleo). Luego, "caminan" sobre el ARNm en la dirección 3', y se detienen cuando llegan al codón de inicio (a menudo, pero o siempre, el primer AUG).

*Iniciación de la traducción eucarionte*



En las bacterias, la situación es un poco distinta. Aquí, la subunidad ribosomal pequeña no comienza en el extremo 5' del ARNm y viaja hacia el extremo 3'. En lugar de ello, se une directamente a ciertas secuencias en el ARNm.



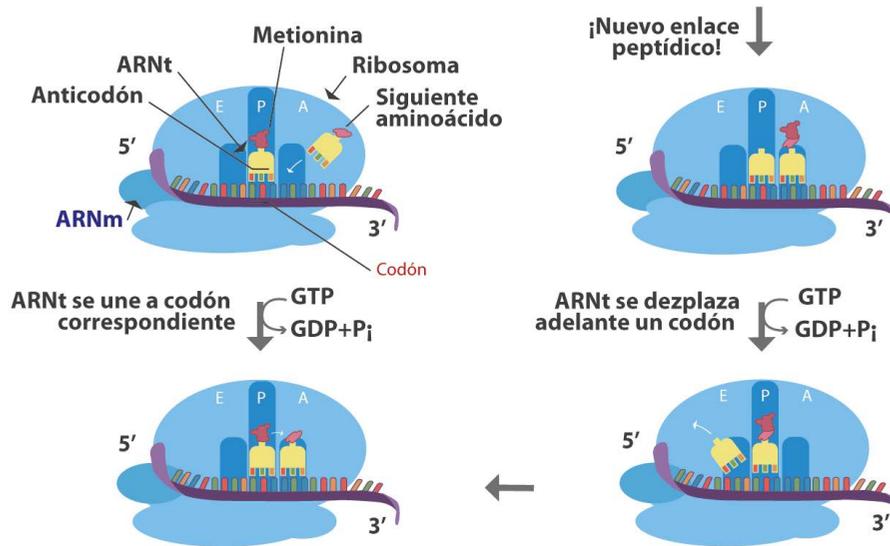
**Elongación:**

Etapa del desarrollo de la traducción, cuyo nombre es: la elongación que se da cuando la cadena de polipéptidos aumenta su longitud. Pero ¿cómo crece realmente la cadena?

Examinamos la primera ronda de elongación, una vez que se ha formado el complejo de iniciación, pero antes de que se hubieran unido aminoácidos para formar una cadena. Nuestro primer ARNt, que lleva metionina, comienza en el espacio del centro del ribosoma, el llamado sitio P.

Junto a él, está expuesto un nuevo codón, en otro hueco llamado sitio A. El sitio A será el "lugar de aterrizaje" para el siguiente ARNt, cuyo codón es la pareja perfecta (es complementario) del codón expuesto.

## Primera ronda de elongación

**Terminación:**

Los polipéptidos, como todas las cosas buenas, deben llegar a su fin. La traducción finaliza en un proceso conocido como terminación. La terminación sucede cuando un codón de alto en el ARNm (UAA, UAG, o AGA) entra en el sitio A. Proteínas llamadas factores de liberación reconocen los codones de terminación y caben perfectamente en el sitio P (aunque no sean ARNt). Los factores de liberación interfieren con la enzima que normalmente forma los enlaces peptídicos: hacen que agregue una molécula de agua al último aminoácido de la cadena. Esta reacción separa la cadena del ARNt, y la proteína que se acaba de formar se libera.

Luego, afortunadamente el "equipo" de la traducción es reutilizable. Después de que se separan las subunidades ribosomales grande y pequeña una de la otra y del ARNm, cada elemento puede participar (y generalmente lo hace rápidamente) en otra ronda de traducción.

**Experiencia de Aprendizaje 4: El ADN y la resistencia bacteriana****ACTIVIDAD: LECTURA Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN (sesión 1)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**Indicaciones**

1. Observar los siguientes videos de la resistencia antimicrobiana:
2. [¿Qué causa la resistencia a los antibióticos?](#)
3. [Super Bacterias](#)
4. Basados en los videos y de forma grupal, deben analizar la relación de la expresión genética con la resistencia antimicrobiana.
5. A partir del análisis de información contenida en los videos, deben realizar un mapa mental para responder la pregunta ¿Cómo las bacterias se hacen resistentes a los antibióticos?
6. Recuerda guiarte por las orientaciones para hacer un mapa mental.

**Experiencia de aprendizaje 4: El ADN y la resistencia bacteriana****ACTIVIDAD: LECTURA Y ENSAYO (sesión 3)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**Indicaciones**

1. Analizar la siguiente lectura científica desde el punto de vista de la expresión genética.
  2. Martínez Martínez, L. (2016). [Mecanismos de resistencia a los antimicrobianos](#).
  3. Seleccionar uno de los antibióticos que se mencionan en la lectura científica e investigar sobre su mecanismo de acción.
  4. asado en la investigación anterior, realiza un ensayo argumentativo respondiendo a la siguiente pregunta: ¿Cómo influye la transferencia de ADN en la resistencia antimicrobiana?
- Recuerda utilizar orientaciones para realizar ensayo argumentativo.

**Experiencia de aprendizaje 4: El ADN y la resistencia bacteriana****ACTIVIDAD: LECTURA Y ENSAYO (sesión 3)**

Nombre del estudiante:	Curso:
------------------------	--------

**Indicaciones**

1. Forma un equipo de trabajo, según las indicaciones de tu docente.
2. Leer y analizar el documento: FDA: Tecnología avanzada esclarece la resistencia a los antibióticos.
3. Con tu equipo de trabajo respondan las siguientes preguntas que luego deben ser compartidas con el grupo curso:
  - a. ¿Cómo influye la ciencia y la tecnología en la calidad de vida y la salud de las personas?
  - b. ¿Dependemos de la tecnología para cuidar de nuestra salud?
  - c. ¿Cuáles son las implicaciones éticas, económicas y sociales que surgen del uso de las aplicaciones científicas y tecnológicas en la salud de las personas?

**Lectura: FDA: Tecnología avanzada esclarece la resistencia a los antibióticos**

Cuando su hija tiene una infección bacteriana, usted la lleva al médico, le recetan un antibiótico y, en la mayoría de los casos, pronto todo vuelve a la normalidad.

Pero, aunque los antibióticos funcionan para la mayoría de los pacientes con una infección bacteriana, pueda que no lo hagan para todas las infecciones. Los organismos de salud pública de todo el mundo enfrentan el problema creciente de la resistencia bacteriana a los antibióticos, la cual puede volver ineficaces estos medicamentos.

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) informan que por lo menos 2 millones de enfermedades y 23 mil muertes en los Estados Unidos son ocasionadas todos los años por bacterias resistentes a los antibióticos. El problema es especialmente grave para los pacientes

que tienen pocas opciones de antibióticos viables; esto puede ocurrir con ciertos tipos de infecciones de la sangre graves y con la gonorrea, entre otras.

El uso excesivo de antibióticos tanto en seres humanos como en animales favorece la evolución de bacterias resistentes. ¿Por qué? Las bacterias tienen una tendencia natural a mutar y a adquirir genes de otras bacterias. Estos cambios pueden permitirles resistir los antibióticos y prosperar en entornos en los que estos son utilizados. A medida que los genes de la resistencia pasan de una bacteria a otra, las bacterias mismas se propagan a través de la tierra y el agua, así como de la flora y la fauna. Con el tiempo, con el uso continuado de los antibióticos, la situación empeora.

### ***Una resistencia que se propaga a escala mundial***

A los científicos les preocupa que las cepas de bacterias resistentes puedan propagarse a escala mundial a través de los viajes o el comercio, incluyendo el intercambio de alimentos. Para ayudar a identificar la presencia de bacterias resistentes a los antibióticos lo antes posible y tomar medidas para controlar su propagación, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) está empleando una tecnología avanzada llamada secuenciación de genomas enteros (o WGS, como se le conoce en inglés).

Un genoma es el conjunto completo de los genes de un organismo. En los 20 años que han transcurrido desde que se terminó de secuenciar el primer genoma bacteriano, la ciencia ha dado pasos agigantados. La primera secuencia de un genoma bacteriano fue descubierta en 1995, con un costo de varios cientos de miles de dólares y muchos meses de trabajo. Ahora cuestan unos 50 dólares por genoma y pueden secuenciarse decenas de ellos de un día para el otro.

“Por primera vez podemos determinar con rapidez la serie entera de los genes que se sabe son resistentes a los antibióticos en una bacteria individual. Esto está permitiendo tener nuevos atisbos sobre la naturaleza y la magnitud de la amenaza de la resistencia”, afirma el Dr. Patrick McDermott, PhD, director del Sistema Nacional de Vigilancia de la Resistencia a los Antimicrobianos (NARMS, por sus siglas en inglés) de la FDA.

“Y, como la base de datos de los genes de la resistencia viene creciendo gracias a la labor de científicos de todo

el mundo, podemos ver lo que otros están descubriendo y establecer rápidamente si las amenazas nacientes de una resistencia en otros países también están presentes en los Estados Unidos”.

La secuenciación de genomas enteros también está revelando nuevos tipos de genes de la resistencia en bacterias que causan enfermedades, advierte el Dr. McDermott. Por ejemplo, los datos del NARMS mostraron un rápido aumento de la resistencia a la gentamicina en una bacteria transmitida por los alimentos llamada *Campylobacter*. La gentamicina es un antibiótico que se usa para tratar ciertas infecciones bacterianas graves. El análisis de su secuenciación mostró que los genes que causan esta resistencia son muchos, y la mayoría nunca vistos.

### ***Cómo controlar el problema***

La vigilancia desempeña una buena parte en la identificación del problema y las posibles soluciones. “Uno necesita un sistema de vigilancia establecido para entender cuán grande es el problema de la resistencia a los antibióticos y si la situación está mejorando o empeorando”, señala el Dr. McDermott.

Para ello, el NARMS se estableció en 1996 como una colaboración entre los departamentos de salud pública tanto locales como estatales, la FDA, los CDC y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El NARMS analiza las bacterias encontradas en carnes a la venta al menudeo, los animales destinados como alimento y los casos clínicos de enfermedades humanas, para ver qué bacterias resistentes se están moviendo por la cadena del abasto de alimentos y en qué medida.

Los de vigilancia pueden combinarse con otros datos de salud pública para revelar información útil sobre cómo las infecciones resistentes difieren de las susceptibles (las que los antibióticos combaten con eficacia). Estos datos también son importantes para determinar qué tan exitosas son en realidad las intervenciones diseñadas para acotar la propagación de la resistencia. “El objetivo final es preservar la eficacia de los antibióticos para su uso tanto en seres humanos como en animales”, explica el Dr. McDermott.

## **La detección de los genes de la resistencia a los antibióticos**

La secuenciación ha sido una herramienta importante en la investigación permanente sobre la presencia en los Estados Unidos de un gen (el mcr-1) que causa resistencia a un fármaco llamado colistina. La colistina es considerada un medicamento de último recurso para tratar algunas infecciones graves.

Este gen fue descubierto por primera vez por científicos chinos en noviembre de 2015, y más tarde fue detectado en Europa, Canadá y otras partes. En respuesta, los equipos del NARMS observaron la secuencia del ADN de los genes de más de 100.000 bacterias individuales en la base de datos nacional, la cual incluye información del NARMS; en la base nacional de datos sobre patógenos transmitidos por los alimentos de GenomeTrakr, de la FDA; y otros datos de secuenciaciones que alberga el Centro Nacional para la Información Biotecnológica, el cual forma parte de los Institutos Nacionales de la Salud. “En cuestión de horas, ahora fue posible determinar que este nuevo gen de la resistencia no estaba presente en ninguno de estos miles de aislados genéticos”, reveló el Dr. McDermott. “No tuvimos que regresar al laboratorio a realizar nuevos experimentos; podíamos sencillamente ver los datos del ADN”. Científicos del NARMS llevaron a cabo estudios posteriores con el enriquecimiento selectivo de muestras animales, es decir, las muestras eran expuestas a la colistina.

La dificultad para encontrar microorganismos resistentes, junto con el hecho de que el medicamento no se utiliza en animales destinados como alimento en los Estados Unidos, sugiere que la resistencia a la colistina representa un riesgo bajo para la salud pública en este país. Hasta el momento, el gen mcr-1 ha sido identificado en cuatro personas en los Estados Unidos, las que recibieron tratamiento para infecciones por E. coli. El NARMS seguirá vigilando el gen mcr-1 por si hay algún cambio en la situación.

Los esfuerzos de la FDA no paran en las fronteras. “La resistencia a los antibióticos es un problema internacional”, añade el Dr. McDermott. “Tenemos el compromiso de compartir los datos de los Estados Unidos con otros países. Esta transparencia

y colaboración son indispensables para combatir la resistencia a los antibióticos a escala mundial”.

*Fuente:*

[FDA esclarece la resistencia a los antibióticos](#)

## **Nuevos enzibióticos frente a bacterias causantes de enfermedades respiratorias**

Las endolisinas son enzimas codificadas por fagos cuya función es hidrolizar el peptidoglicano de la bacteria hospedadora al final del ciclo lítico del fago, permitiendo la diseminación de la progenie fágica. En los últimos años y para hacer frente a muchos patógenos bacterianos, se ha descrito el uso de una gran variedad de endolisinas que, tras su expresión recombinante y su purificación, se añaden exógenamente. En este contexto terapéutico, estas enzimas especializadas se llaman también enzibióticos, y representan una gran esperanza en su futura aplicación clínica por sus diversas ventajas frente a los antibióticos.

Entre ellas se pueden citar: a) la mayoría presenta especificidad a distintos niveles (cepa, especie, género...) y, en consecuencia, no afectan a la microbiota habitual; b) no se han descrito hasta el momento bacterias resistentes frente a estas enzimas, probablemente porque su diana (el peptidoglicano) es una estructura esencial muy conservada entre las bacterias; c) por la misma razón, son igualmente efectivas frente a cepas multirresistentes; d) tienen también actividad antimicrobiana frente a bacterias que forman biopelículas que son, generalmente, refractarias a la acción de los antibióticos; e) son eficaces en todo tipo de estado metabólico bacteriano; f) pueden ser más baratas de producir que cualquier antibiótico. Los numerosos artículos que se están publicando en los últimos años proporcionan un argumento adicional del interés que esta estrategia está despertando entre la comunidad científica y empresarial, y contribuyen a erigir estos agentes como una alternativa real para luchar contra la gran amenaza de los patógenos multirresistentes a corto plazo.

Hace unos años construimos las enzimas quiméricas más potentes hasta la fecha frente a neumococo

(Cpl-711 y PL3), que contienen un dominio catalítico (lisozima o amidasa) y un dominio de unión al sustrato dependiente de colina. Esta característica hace que este tipo de enzimas sean estrictamente específicas frente a neumococo. Además, hemos caracterizado otros enzibióticos con un rango de huésped más amplio, como Cpl-7S y Csl2. Asimismo, en el caso de Cpl-711 hemos demostrado que presenta una acción sinérgica con determinados antibióticos, o también con otro enzibiótico que rompe diferentes enlaces, como PL3. También estamos construyendo nuevos enzibióticos frente a patógenos respiratorios Gram negativos, como *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii*. Todas estas enzimas se prueban en diferentes ensayos

in vitro con cultivos bacterianos planctónicos y en forma de biopelículas, y los resultados se validan en distintos modelos animales de infección, como ratones o peces cebras. Además, estamos utilizando diferentes tipos de nanopartículas para cargar o inmovilizar los enzibióticos más potentes con el objetivo de poder dirigirlos a nichos específicos y controlar su posterior liberación para que puedan ejercer su actividad bactericida contra un patógeno determinado sin afectar al resto de la población bacteriana.

Fuente: [Nuevos antibióticos](#)

### **Experiencia de aprendizaje 5: Ciencia y tecnología en beneficio de las personas** **ACTIVIDAD: INVESTIGACIÓN E INFOGRAFÍA (sesión 2)**

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Curso:</b>
-------------------------------	---------------

#### **Indicaciones**

1. Formar equipos de trabajo, según disponga tu docente.
2. Realizar investigación del desarrollo científico y tecnológico a través de innovaciones en biotecnología, nanomedicina, farmacología y cómo estas influyen la vida de las personas.
3. A partir de la investigación, elaborar un medio de difusión que puede ser una infografía, un afiche o cualquier medio o recurso que permita dar a conocer tu trabajo.
4. Se recomienda compartir la investigación con toda tu comunidad educativa.

#### **Recursos para elaborar infografías digitales:**

- Una página que pueden utilizar los estudiantes para elaborar sus infografías es [Canva](#).
- Una guía orientadora para crear infografías en [Piktochart](#).

#### **Recomendaciones para la investigación:**

1. [¿Que es la biotecnología?](#)
2. [Nanopartículas y antibióticos](#)
3. [Farmacología](#)
4. [Desarrollo de medicamentos](#)

## Referencias

- Abd-el Khalik F., BouJaoude S., Duschl R., Lederman N.G., Mamlok Naaman R., Hofstein A., Niaz M., Treagust D., Tuan, L. (2004).** Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education* 88(3), 397-419.
- Aleixandre, M. P. (2017).** ¿Personal or Social Responsibility? Challenging Social Ideas as a Component of Critical Thinking 19th Biennial EARLI Conference – “Education in the Crossroads of Economy and Politics – The Role of Research in the Advancement of Public Good” (EARLI 2017). University of Tampere, Finland.
- Calderón Polanía, Y. (2011).** Aprendizaje basado en problemas: una perspectiva didáctica para la formación de actitud científica desde la enseñanza de las ciencias naturales. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de la Amazonía.
- Coronel, María del Valle; Curotto, María Margarita (2008).** La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, N° 2. Pág. 463-479.
- Decreto N° 83 (2015).** Reglamento de la Ley N° 20.370, [Criterios y Orientaciones de Adecuación Curricular](#) para Estudiantes con Necesidades Educativas Especiales de Educación Parvularia y Educación Básica, División de Educación General, Unidad de Currículum.
- Díaz, N. y Jiménez, N. R. (2012).** Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (1), 54-70.
- Domènech, A.M. y Márquez, C. (2010).** ¿Qué tipo de argumentos utilizan los alumnos cuando toman decisiones ante un problema sociocientífico? XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Baeza (Jaén).
- Domènech-Casal, Jordi (2014).** Contextos de indagación y controversias sociocientíficas para la enseñanza del cambio climático. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra* (22.3). ISSN (edición impresa): 1132-9157 - (edición electrónica): 2385-3484 – Págs. 287-296.
- Espinoza Freire, E. E. (2020).** La argumentación científica, una herramienta didáctica. *Uniandes Episteme*, 8(1), 106-121.
- España, E. y Prieto, T. (2009).** Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas sociocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6, 345-354.
- Evaluación formativa en el aula para docentes (2017).** [Unidad de Currículum y Evaluación](#), Ministerio de Educación ISBN: 9789562926942
- Fadel, M. Bialik, and B. Trilling (2015).** Four-dimensional education.
- González-Weil, C., Cortez, M., Bravo, P., Ibaceta, Y., Cuevas, K., Quiñones, P., Maturana, J. y Abarca, A. (2012).** La indagación científica como enfoque pedagógico: estudio sobre las [prácticas innovadoras de docentes](#) de ciencias en EM (Región de Valparaíso). *Estudios pedagógicos*, 38(2), 85-102.
- Großmann, N. y Wilde, M. (2019).** Experimentación en lecciones de biología: descubrimiento guiado a través de andamios incrementales, *Revista Internacional de Educación Científica*, 41:6, 759-781, DOI:10.1080/09500693.2019.1579392
- Hernández-Lémann, E. Caffi, D.; Mancilla, E.; Aranís, P. (2021).** El Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias ICEC. Un modelo de desarrollo profesional para educadoras y docentes que enseñan ciencia. Ministerio de Educación de Chile.
- Informe de Resultados PISA 2015.** Competencia científica, lectora y matemática en estudiantes de quince años en Chile. División de Estudios, Agencia de la Calidad de la Educación.

**Koerber, S. y Osterhaus, C. (2019).** Diferencias individuales en el pensamiento científico temprano: evaluación, influencias cognitivas y su relevancia para el aprendizaje de las ciencias. *Revista de Cognición y desarrollo*, 20(4), 510-533.

**La Ciencia para el siglo XXI: [Un nuevo compromiso](#).** (2000) Conferencia Mundial sobre la Ciencia, Budapest, Hungría, 1999. Preámbulo. UNESCO.

**Lederman N.G., Lederman J.S., Antink, A. (2013).** Nature of science and scientific inquiry as contexts for learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 1(3), 138 – 147.

**Lenoir, Yves. (2015).** Interdisciplinariedad en educación: una síntesis de sus especificidades y actualización. *Interdisciplina I*, núm. 1 (2013): 51-86.

**Ministerio de Educación (2012).** [Bases Curriculares Ciencias Naturales](#), Educación Básica, M. D. E. Santiago, Chile.

**Ministerio de Educación (2015).** [Bases Curriculares Ciencias Naturales de 7 a 2 medio](#), M. D. E. Santiago, Chile.

**Nam, Y., & Chen, Y.C. (2017).** Promoting Argumentative Practice in Socio- Scientific Issues through a Science Inquiry Activity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3431-3461.

**National Research Council [NCR]. (1996).** National Science Education Standards. Estándares nacionales de educación científica. Washington. D. C. Academic Press.

**Osborne, J. (2014).** Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education* 25(2), 177-196.

**Romero-Ariza M. (2017).** [El aprendizaje por indagación](#), ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*

14 (2), 286-299.

**Rocard, M. (coord.) (2007).** Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe. Belgium: European Communities. Resúmen en Alambique, 55, 104-117.

**Revelo-Sánchez, O., Collazos-Ordóñez, C. y Jiménez-Toledo, J. (2018).** El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *Tecnológicas*, vol. 21, N° 41, pp. 115-134, 2018.

**Sadler, T. (2011).** Situating Socioscientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education en: Sadler, T. (Ed.) *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research* (pp. 1-9). Netherlands: Springer.

Sadler, Troy & Barab, Sasha & Scott, Brianna. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry. *Res. Sci. Ed.* 37. 371-391. 10.1007/s11165-006-9030-9.

**Solbes, J. (2013).** Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (1), 1-10.

**Teig, N. (2019).** [Scientific inquiry in TIMSS and PISA 2015](#): Inquiry as an instructional approach and the assessment of inquiry as an instructional outcome in science. (PhD Dissertation). University of Oslo, Norway.

**Unidad de Currículum y Evaluación, Ministerio de Educación (2017).** [Evaluación formativa en aula](#) orientaciones para docentes.

**Wiyarsi Antuni, Prodjosantoso A. K., Nugraheni Anggiyani R. E. (2021).** Promoting Students' Scientific Habits of Mind and Chemical Literacy Using the Context of Socio-Scientific Issues on the Inquiry Learning. *Frontiers in Education, Journal*, Vol. 6.

**Windschitl, M. (2003).** Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science education*, 87(1), 112-143.

